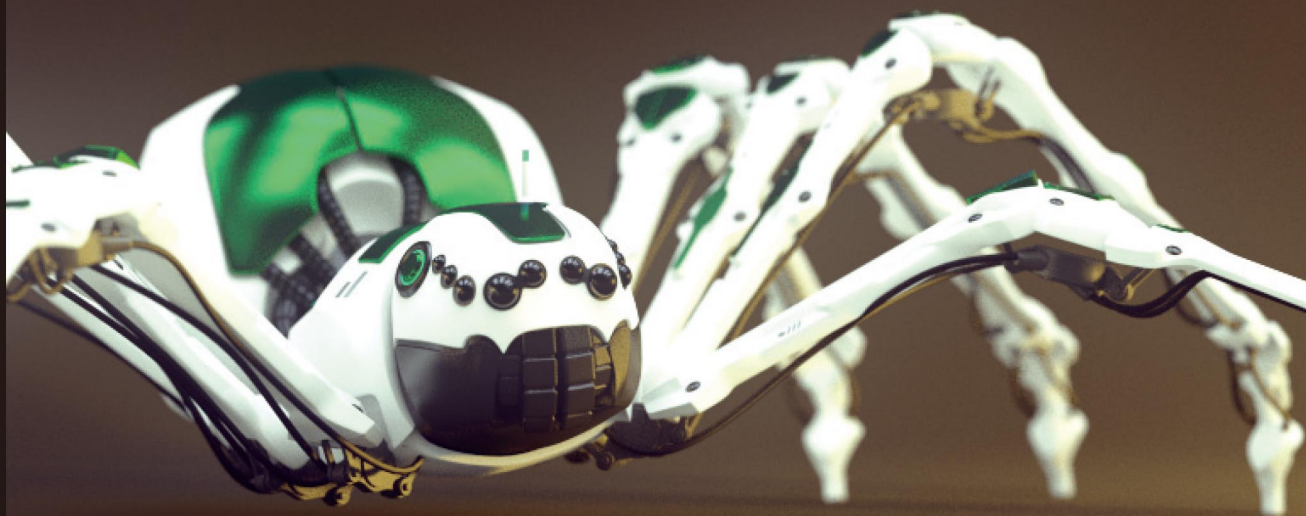


DVD  
INSIDE



# *Blender* 大师

## 建模 · 雕刻 · 材质 · 渲染

〔英〕Ben Simonds 著  
张宇 译



科学出版社

# Blender 大师

## 建模 · 雕刻 · 材质 · 渲染

〔英〕Ben Simonds 著

张 宇 译

科 学 出 版 社

北 京

图字：01-2014-0712号

## 内 容 简 介

本书作者Ben Simonds将自身多年的行业经验，以其精心策划的三个Blender项目案例为纽带，全景式讲解3D建模、雕刻、材质、渲染技术，实战性极强。

本书言语生动细腻，内容专业权威，更有大量的经验与技巧分享。通过认真学习本书，即可轻松掌握Blender的行业应用精髓。

本书适合3D、CG、动画等技术人员参考，也可作为高等院校相关专业的教学用书。

### 图书在版编目（CIP）数据

---

Blender大师建模·雕刻·材质·渲染/（英）Ben Simonds著；张宇译.

—北京：科学出版社，2014.5

书名原文：Blender Master Class

ISBN 978-7-03-039910-6

I.B… II.①B…②张… III.三维-动画-图形软件 IV.TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第038596号

---

责任编辑：叶 秋 杨 凯 / 责任制作：魏 谨

责任印制：赵德静 / 封面制作：付永杰

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2014年5月第 一 版 开本：787×960 1/16

2014年5月第一次印刷 印张：19 1/2

印数：1—3 500 字数：415 000

定价：98.00元（含DVD）

（如有印装质量问题，我社负责调换）

谨以此书献给我的父母 James 和 Katrina。



# 致 谢

本书的出版得益于 Bill Pollock、Alison Law 等人的帮助，感谢出版方 No Starch Press 的推波助澜，最终让本书得以面世。

也要感谢 CGTextures 网站 (<http://cgtextures.com/>)，出自艺术家之手的精品资源都集结于此。感谢该站授权本书将书中各项目所使用的贴图资源收纳到 DVD 光盘中。

特别感谢 Ton Roosendaal 及所有为 Blender 做出过贡献的人们。这是我最喜爱的一款软件，也是我的事业基础。我对此深表感激。感谢 Thomas Dinges，他不但是是一名活跃的 Blender 开发者，也抽出时间来为本书做技术审校。感谢 Blender 社区，以及 Blender Artists 社区 (<http://www.blenderartists.org/>) 的会员们，感谢所有为 Blender Wiki 及同类网站做出贡献的朋友们。身在这样一个充满创意、思维开放、互帮互助的群体，我深感骄傲。

## 推荐序

BlenderCN 社区的张兄历时数月精心翻译的 Blender 实战型指导书籍《Blender 大师 建模·雕刻·材质·渲染》即将付梓。这是国内第一本引进版 Blender 书籍，对 Blender 社区来说应当视作一种进步：一是使用人群的壮大，二是出版社对市场的认知更加成熟。从 2006 年开始，张兄就积极投身 Blender 教学和中文文化工作，一直是国内社区和官方开发团队保持联系的主要力量。他在英文和 Blender 上的造诣，翻译此书最恰当不过。

英文版 *Blender Master Class* 作者在 CG (Computer Graphics, 计算机图形学) 教学行业浸淫已久，已经成功出版了多本关于 Blender 的教学书籍，其作品和在社区中的声誉都属上层，国外的 Blender 用户对他都很熟悉，是 Blender 教育领域的开路先锋。为此，中文简体版的出版实为 Blender 中文学习者的一件幸事。

计算机图形世界总是充满好奇和冒险，Blender 以它十多年来一贯的技术冲锋精神，使其成了 CG 用户们探索美丽视觉世界的全套 3D 瑞士军刀。本书思路导向性较强，秉承 Blender 社区一贯的“授人以渔”思维，给了读者一把全方位理解 Blender 如何助力 CG 创作的钥匙。

可能读者在触及 Blender 的时候还是有很大的疑问：开源的软件是否值得去学习和使用？这里引用 Google 开源事业部总监 Chris DiBona 接受 Red Hat (红帽) 公司 Jodi Biddle 的采访，让大家对开源的“残酷竞争”有更开放的看法，希望诸位能从中得到答案：

“分散的、不同特性的团队在公司里相当难运作，但是在开源领域，可以创作出世界级的非常优秀的软件。为什么会这样？

因为我认为，在开源项目中，你可以选择只和成效卓著的人一起工作而忽视其他人。

这种行为被理解为非常尖刻且具有排斥性。然而现实本就如此：无情并不排斥那些无所贡献的人。

这就是为什么项目克隆如此重要。无论出于什么原因，如果一个人被排斥在一个项目之外，那么他们可以克隆该项目，然后使该项目朝着一个新方向发展。假如他们的想法及实现优于先前被拒绝加入的项目，那么，好吧，这次克隆成为新的现实，而那些拒绝别的开发者加入的家伙现在则尝到了被拒绝的滋味。

所以，我想说，开源是一个适者生存、优胜劣汰的残酷机制，但是这样却能生产出高质量的软件产品。诚然，对新手来说比较难上手……”

Blender 的核心思想和宗旨，如官方所言：为独立的艺术家和小团队提供一条完整、免费、开源的 3D 创作流水线 (Provide individual artists and small teams with a complete, free and open source 3D creation pipeline)。整个 Blender 社区都秉承了这样的宗旨，所以读者可以根据自身情况对比定位。Blender 十多年来都是以开发功能为己任，让大多数目标用户可以获得和商业软件相同的用户体验和价值。完整的 3D 创作流水线的目标，使得 Blender 在很多方面有着先天的完整性，Blender 几乎可以在 3D、视频、音频上进行编辑和创作。

如 Google 负责人所说，开源软件总体说来是竞争非常激烈的，不能做到第一，就很难吸引到用户，Blender 在各方面的开发和运作情况均非常迅速。一个软件是否强大要看它背后的组织和支持力量，Blender 现在引入了 SONY 的 Open Shading Language (OSL)，正在集成 OpenVDB，以及 Pixar 的 OpenSubdiv，还有 Apple 的 OpenCL。这些都说明，开源并不仅仅是一个梦，以后的计算机图形学基础设施都在向开源进发，至少这几家大型的工作室是这样认为并行动的。更甚之事：近两年发展出来的 Blender Cycles，作为能够应用并行渲染硬件架构的 GI 渲染引擎，已在 CG 界崭露头角。作为能在动画和 VFX 制作中完全使用 GPU 这种超越现阶段 CG 硬件架构技术的渲染器，在整个 CG 界都不多见。这也间接说明了 Blender 开始在某些方面引领 CG 软件的潮流。在游戏开发和代码方面，由于 Unity3D 占据了主导，这方面 Blender 作为 3D 资源创作工具和 Unity3D 合作具有经验与官方支持的双重优势。在最近的开源潮流中，《半条命》(*Half Life*) 的开发商 Valve 已经着手基于 Linux 的 Steam OS 游戏平台的开发，而迎合此类需求的 3D 工具非 Blender 莫属。正如读者看到的，Valve 已经开始捐助 Blender 基金会，为其雇佣开发者，使 Blender 在游戏制作上的流程更加贴合生产需求。

中文社区作为整个 Blender 的一部分，在中文化和华语社区的建设方面，都与 Blender 的开放精神一致。对 Blender 的学习和研究，国内已经细分为很多更专业的团体，有专业化的代码研究，有相关的专业性学习，如针对建模、后期、角色动画等。在各大院所中，活跃在社区内的中国科学院深圳先进技术研究院、中国科学院自动化研究所数字内容技术与服务研究中心等，也在积极引进 Blender 作为实验平台和创作工具。Blender 和手持类设备的游戏结合比较紧密，开发人员多集代码和美术于一身，如何在最快最短时间内做出可以玩的手持类 3D 作品，是现阶段很多人的研究兴趣所在，这方面的人才需求也非常大。

相信大家对 Blender 又有了深一个层次的认识，那么，如何融入社区并开始学习 Blender？这里引用社区的阳兄给 Blender 学习者的一段话作为本推荐序的尾声，希望看到本书的各位朋友学习愉快。

“大家都是由兴趣爱好走到一起的朋友，大家是平等互助的关系。平等，意味着权利与义务是相对的：提问权与沉默权都是合理的。遇到问题，尽量先自己做足功课再问，疑惑在经过摸索、整理之后，才能表达得清晰、简洁。一份经过预习的简洁、清晰的提问是对别人起码的尊重，能帮你更快地得到帮助。提问 / 解答与架桥很像，要从两岸向中间架桥，而不是说：我需要一座桥，你从那边架过来吧。

己所不欲，勿施于人。提问的时候，请换位思考，如果别人这么问，你能看明白不？愿意回复不？真是遇到很难办的，记得分享简化的工程文件，这样解决起来比较快，显得更有求知的诚意。别让大家猜谜语，后果很严重。

在我添加这句话前，群里有人问，为什么同样的物体，复制了几个后，发现有一个效果不对，后来他发现，物体重叠了。像这种问题，谁能猜得到？

BlenderCN 是开源软件社区，提倡人人为我，我为人人。所有的‘老鸟’都是从新人成长起来的，‘老鸟’们欢迎新人参与学习，参与社区的建设，参与知识的传播。我们希望把知识交给真正渴望这些知识的人们，以便他们能够将这些知识融入新的领域。作为有经验者，有义务维护良好的社区学习环境，抵御某些软件用户带来的依附、伸手的恶习，也有义务帮助那些真正需要、值得帮助的人，给他们方向与建议。”

**裴雪珂 (Kidux)**

BlenderCN 中国社区创始人

2014 年 1 月

# 译者序

大家好，欢迎走进奇妙的开源世界！

Blender 是全球最优秀的一款开源、免费的三维创作套件，有着传奇般的发展历程。如今，全球已有不计其数的 CG 艺术家、动画师、电视台、工作室及教科文机构正在使用它，甚至在好莱坞也能见到它的身影。它不但体积小巧、安装便捷、跨多平台，而且功能强大、界面友好、灵活高效。在接触 Blender 的这些年来，我已亲眼见证了它从一个名不见经传的小软件发展成为当今开源模式的成功典范。

初识 Blender 的人往往会有这样的想法：“我以前只知道 3ds Max 和 Maya 之类的三维软件，可从未听说过 Blender，何况它还是一款免费的软件！真的有可比性吗？”其实，从全球范围来讲，尤其在欧洲，Blender 是非常流行的一款行业软件，提供了性价比极高的行业解决方案，因为它的源代码是公开的，任何人都可以根据自己的需要修改或贡献程序代码。同时，它又是免费的，无论是谁，都可以在遵循 GPL 开源协议的基础上自由地使用和传播它，对于个人和小型工作室而言，这样可以省下一大笔软件购买和使用费，而且你對自己创作的作品享有完全版权。

“Blender”本是个英文单词，意为“搅拌机”，而它也正是一款将众多功能集于一身的软件，因此这个名称非常恰当。但从软件名称的角度，我们倾向于音译为“斑斓”，不但音近，而且达意（但通常还是习惯直呼其英文名称）。正因为 Blender 的众多功能模块之间能够紧密配合，所以它可以轻松胜任多种工作流，从基本的建模、动画、渲染，到后期合成、非线性编辑、粒子系统、物理模拟等，甚至包括游戏引擎和脚本开发模块。本书内容主要针对其中的建模、雕刻、材质、渲染等方面进行深入讲解。即使你从未接触过 Blender，只要认真按照书中的内容进行学习、实践，我相信，你一定能够掌握并爱上这款能够让你自由发挥无限创造力的奇妙工具。

此外，开源最重要的魅力来自于活跃的社区支持。如果你在阅读本书时遇到任何疑问，欢迎访问 BlenderCN 中国中文交流社区 ([www.blendercn.org](http://www.blendercn.org))，并获取与 Blender 相关的各类资源。对于别人的提问，如果你知道答案，也可以帮助他人答疑解惑，互帮互助，共同进步。“我为人人，人人为我”的精神在这里得到了充分的诠释。

与其他同类软件相比，尽管 Blender 在国内的人气和知名度暂时相对不高，但发展潜力非常巨大。由于它具有很多连商业软件都望尘莫及的优势，因此越来越受到自由 CG 从业者、工

作室，特别是游戏制作公司和教育科研机构的青睐。而这势必会带来巨大的从业优势和就业机会，也势必会为整个行业带来一股清新的开源风尚。幸运的是，你我正走在这股时尚潮流的前沿。

借此机会，感谢 Blender 中国社区 ([www.blendercn.org](http://www.blendercn.org)) 的各位管理员和朋友们：Kidux、Deathblood、congcong009、摇落月光、冰冻牡蛎（李俊）、jolin、水晶石、狐狸、小无花果她爹、☐阳（niren yang）、遥远的桥、WeWe 猫、疯子林、索多玛城主、泡面、梨花、zxfyzz、FXZT、JOHNNY 孙、Harrison、imdjs、陈昶、原志翔、CG 阿颜、颖心欢欣、纯属虚构、酒尾狐（台湾）、云风如我、刘凯敏（lkm）……以及许许多多未能在这里逐一列举的 Blender 爱好者们。正是你们的热情与支持，才让更多的国人有机会了解 Blender 的魅力。特别要感谢科学出版社的叶秋老师，正是你的远见与魄力促成了本书的出版，数月以来，你的信任对我是莫大的鼓励。感谢你为推动开源事业所做的一切！

让我们跟随 Ben Simonds 一起感受 Blender 的魅力吧，希望人人都能成为驾驭 Blender 的大师！

张宇（老猫 | Leon Cheung）

2014 年 1 月

# 前言

欢迎购买本书！本书旨在教大家如何创建出三维的模型与环境。书中使用了两款软件：Blender，用于 3D 设计及动画设计；GIMP，用于平面图像编辑。在各章节中，我都会带领大家接触创建完整 3D 场景的某个特定环节，你将学会如何从零开始进行 3D 建模、雕刻与添加细节、创建材质和纹理、使用灯光，并渲染最终图像等多种技法。本书将对 Blender 与 GIMP 的诸多功能进行广泛探讨，并在实际案例项目中充分运用。

我的目标是让大家掌握如何使用三个案例项目中的概念图在 Blender 中从零开始制作完成属于你自己的项目。

## 主要内容

**第 1 章和第 2 章**介绍 Blender 和 GIMP 这两款软件。我们会了解它们的特性、获取方式及其功能。我也会为大家讲解它们的用户界面及基本操作方法。第 1 章专注介绍 Blender，我们会学到如何添加并操作物体、如何保存与加载，以及将在项目中用到的最佳实践技巧等。在第 2 章中，我们将练习如何使用 GIMP 创作图像，运用软件提供的多种笔刷与滤镜，并学习如何使用图层及选区工具。

**第 3 章**内容涵盖收集参考材料、创作概念图并在 Blender 中使用这些材料，以便更轻松地将你的想法转变成实际三维效果。我还将讲解在 Blender 的 3D 视窗中使用正交参考图进行建模的方法。

**第 4 章和第 5 章**，我们继续深入场景中最重要的一环，也就是创建简单的几何体，然后从这些基本性状细化出更加精细的模型。我们将深入实践，使用简单高效的几何体，借助 Blender 的 3D 建模工具来创建模型。

**第 6 章**内容涵盖 Blender 的雕刻工具，以及如何将它们和 Blender 的多级精度 (Multiresolution) 修改器结合使用，像创作泥塑一样创作模型——非常适合创建精细的生物模型。

**第 7 章**讲解如何修改在第 6 章中创作的高精度几何雕塑，我们将了解 Blender 提供的一些用于重新拓扑的不同方法，以及它们是如何将我们的雕塑网格转变成最终模型的。

**第 8 章**讲解 Blender 的 UV 展开工具，将 2D 图像映射到模型的表面。这样便于在表面上进行绘画，并赋予颜色及纹理。



第9章介绍如何使用 Blender 的粒子工具创建线股粒子系统，用于生成头发与毛皮。Blender 的粒子模式笔刷能够让你将头发或毛皮梳理并削切成任意的形状和样式。我们将介绍粒子系统的诸多设置，以及如何在相对较少的父粒子时借助 Blender 的子粒子生成大量粒子，以便用最低限度的投入创造复杂而浓密的毛发效果。

第10章讲解材质烘焙技巧，也就是基于网格的几何体自动生成纹理的过程。

第11章介绍纹理绘画技巧，结合第10章中烘焙完成的纹理图，借助 Blender 的纹理绘画系统和 GIMP 软件进行细部的手绘及图像处理。

第12章和第13章讲解 Blender 的材质及灯光选项，我们将接触 Blender 的内置渲染器与 Cycles 渲染器，并了解每种渲染器是如何影响材质及灯光设置的。在第12章中，我们将学习如何使用在第10章和第11章中创作的纹理图创建材质，实现逼真的渲染效果。第13章讲解灯光的创建方法，以及如何分别为 Blender 的内置渲染器和 Cycles 渲染器进行灯光设置，实现快速逼真的光影效果。

第14章将之前各个章节中创作的所有组件结合起来，包括模型、灯光及材质，并渲染最终效果图。我们将针对 Blender 的内置渲染器和 Cycles 渲染器的关键设置，围绕如何快速获得最佳结果进行探讨。我们也将练习使用 Blender 的基于节点的合成模块，并了解如何使用它对最终渲染结果进行进一步的后期处理。最后，我们使用 GIMP 进行额外的润色，并为我们的渲染图绘制背景。

第15章将最终回顾项目中的各个环节，并思考如何进一步提升作品的质量。我们为项目添加少许修饰，并在确定静帧图、使用 Blender 的骨骼绑定工具及动画工具进行进一步创作之前进行多角度观察。

## 未涉及的范围

Blender 是一个极其强大的三维设计与动画套件。它拥有模型创建、纹理贴图、材质创建、粒子系统等工具模块，以及骨骼绑定、动画、合成及脚本编辑等工具模块；还拥有全功能的游戏引擎、非线性视频编辑器，以及一些高级流体、布料及刚体模拟等工具。本书专注于创建、贴图及渲染静帧模型方面，并未涵盖 Blender 的骨骼绑定与动画工具、物理模拟模块，或者游戏引擎。如果大家有兴趣了解这些模块及工具，目前有大量的资料可供参考。例如，可访问 <http://www.blender.org/education-help/>。

## 运行需求

为了迎合本书内容的学习，你需要一台性能配置合理的计算机，并运行新近版本的 Microsoft Windows、Mac OS X 或 Linux 系统。此外，涉及本书中关于雕刻的操作时，建议配备额外的内存容量（不小于 8GB 为佳）及性能较好的显卡；涉及本书中关于纹理绘画及雕刻



的创作时，强烈推荐使用压感手写板，如 Wacom 出品的 Bamboo 或 Intuos（影拓）系列，但这并非必需的。

## 项目案例

为了将各章内容串联起来，我选用了三个项目案例。每个案例都偏重于不同的挑战，并对 Blender 和 GIMP 的诸多工具及选项进行广泛而实用的讲解。

### 蝙蝠人

蝙蝠人项目专注于生物建模，尤其是人型怪兽（图 1）。针对这个项目，我们首先创建一个简单的基本网格，然后用 Blender 的雕刻工具刻画出更为复杂的机体形态，并且用 Blender 的粒子系统制作毛发。随后进行 UV 展开，为怪物创建纹理，并创建逼真的皮肤及毛发材质。本项目中，我们将使用 Blender 的内置渲染器进行渲染，以便运用它提供的高度灵活的自定义材质，并实现快速而高效的毛发渲染。最后，我们将在第 13 章中营造出引人注目的光照效果，届时，你将学会如何在 Blender 中获得最佳的布光方案，包括制作逼真的毛发阴影。

### 机械蜘蛛

与蝙蝠人项目的生物形式相比，机械蜘蛛项目将为你展示如何创建一个拥有机械外表、棱角分明的机械蜘蛛模型（图 2）。与蝙蝠人项目相比，本项目的每一步会用到一种不同的方法。



图 1 蝙蝠人



图 2 机械蜘蛛

先用简单几何体建出基本的形态，但我们采用复制的方式做出模型中的重复部分，如蜘蛛的腿。在雕刻时，我们会使用 Blender 的硬面笔刷做出较为平滑的非生物效果。然后，用 Blender 的重新拓扑工具为模型重新布线，实现平顺圆滑的效果。最后，使用 Cycles 渲染器对本项目进行渲染，因为它可以渲染出真实的光泽型材质及复杂的光照效果。

## 丛林神庙

丛林神庙项目侧重的是环境元素，而非角色：隐匿在深山老林里的一处荒废的神庙（图 3）。我们将搭建一个场景，并为摄像机设计构图方案。我们将运用副本、粒子系统及 Blender 的插件制作各种植物。制作纹理时，我们使用 GIMP 创建多种能够在多个物体上重复铺贴的无缝纹理图，从而在使用少量纹理图的情况下做出多种材质效果。在第 14 章中，我们将采用 Cycles 渲染器渲染本项目（可快速营造出真实的光照效果），然后使用 Blender 的合成器添加一些后期处理效果。最终，我们使用 GIMP 为场景制作背景图。



图 3 丛林神庙

## 跟随项目学习

尽管项目案例是贯穿全书知识点的主线，但我并未将每步的创建过程都罗列出来。相反，我专注讲解的是每个项目案例的各步骤中的要点和难点，而将其余的环节作为练习内容，这样

你可以做出接近的结果。我希望这种方法能让你掌握用 Blender 创建各类三维图像的方法、概念的加工过程及相关的挑战。为了达到这一目的，本书的多数章节也提供了补充信息与提示，让你了解更通用的技巧，以便在各种项目中均做到游刃有余。

## 随书附带的资源

随书附带的 DVD 光盘 包含了本书涉及的所有项目的文件，包括分别针对各个项目的 *.blend* 文件（分别对应书中各章节的内容）及每章结束时的项目最终效果（视对应的章节而定）。这些资源能够让你深入了解各项目的处理方式和实现方法。创建 3D 艺术作品是个复杂的过程，而最终成品通常也是经过若干次实践后的成果。这些项目文件并非是项目进展过程的快照。相反，它们是理想化的、经过整理的阶段性项目文件版本。

DVD 光盘中还包含了各个项目的 *.blend* 文件所用到的纹理图，包括一些用于雕刻的实用笔刷及 MatCap 材质（有关雕刻及 MatCap 材质的内容详见第 6 章），以及在第 11 章中创建的 GIMP 笔刷，供你在自己的项目中使用。

你可以随意使用这些文件。这些资源均以非商业署名知识共享（CC-BY-NC）协议发布，但不包括由 CGTextures 授权的纹理图。CGTextures (<http://www.cgtextures.com/>) 是一个非常好的在线贴图搜索资源站。若无 CGTextures 的授权，请不要传播这些图像。

## 开始学习

希望通过上述介绍能够让你了解本书，以及相关信息所在的章节。我已经对将要使用的项目案例进行了大致介绍，大家应该能从中学到一些技能。现在，我们可以开始了解 Blender 和 GIMP 了，随后正式接触项目案例。如果你已经熟悉了 Blender 和 GIMP 的基础知识，那么可以直接跳转到第 3 章。如果没有，那么请阅读接下来的两章内容，对将在本书中使用的软件进行基本的了解。

# 目 录

## 第 1 章 Blender 入门

1.1 认识 Blender	1
1.2 Blender 的用户界面	2
1.2.1 界面布局和 UI 术语	2
1.2.2 切换编辑器 / 自定义用户界面	2
1.2.3 多种布局	4
1.3 编辑器类型	4
1.3.1 3D 视窗	4
1.3.2 属性编辑器	6
1.3.3 信息编辑器	7
1.3.4 节点编辑器	8
1.3.5 UV/ 图像编辑器	8
1.3.6 其他编辑器类型	8
1.4 使用 Blender	9
1.4.1 场 景	9
1.4.2 默认的 .blend 文件	9
1.4.3 添加物体	9
1.4.4 3D 游标	10
1.4.5 选择物体	10
1.4.6 操控物体	10
1.4.7 其他的坐标系类型	11
1.4.8 操作项	12
1.4.9 数据块	12
1.4.10 命名数据块	13
1.4.11 模 式	13
1.4.12 保存与加载	13

1.4.13 追加与关联	14
1.5 本章小结	14

## 第 2 章 GIMP 入门

2.1 认识 GIMP	15
2.2 为什么要讲 GIMP	15
2.3 GIMP 的用户界面	16
2.3.1 工具箱	17
2.3.2 画 布	18
2.3.3 对话框	18
2.4 使用 GIMP	19
2.4.1 创建图像	19
2.4.2 涂绘与画线	19
2.4.3 画笔与动态绘画效果	19
2.4.4 滤 镜	20
2.4.5 图 层	20
2.4.6 选 区	21
2.4.7 保存与导出	21
2.5 本章小结	22

## 第 3 章 准备阶段

3.1 概念图与参考图	23
3.1.1 制作、搜索及使用参考图	24
3.1.2 如何利用参考资料	25
3.2 构 图	25

3.2.1	三分构图法	26
3.2.2	剪影与负空间	26
3.2.3	简单与焦点	27
3.2.4	视线路径	28
3.3	在 Blender 中测试构图方案	28
3.4	在 GIMP 中准备参考图	29
3.4.1	创建参考图版	29
3.4.2	对齐正交参考图	30
3.5	在 Blender 中使用概念图和参考图	31
3.5.1	UV/ 图像编辑器	31
3.5.2	背景图	32
3.5.3	空物体图	32
3.6	本章小结	34

## 第 4 章 草模阶段

4.1	基本的建模术语	35
4.2	编辑模式	36
4.3	其他的建模方式：曲线	38
4.4	修改器	39
4.5	丛林神庙的场景草模	40
4.6	吸 附	42
4.7	基础网格	43
4.8	创建蝙蝠人的基础网格	43
4.8.1	环切线、循环面、循环边	44
4.8.2	角色模型的姿态	46
4.8.3	手和脚的建模	48
4.8.4	头部建模	50
4.8.5	使用比例化编辑工具调整模型	51
4.8.6	创建翅膀	51
4.8.7	应用变换	53
4.9	着色模式	54
4.10	制作机械蜘蛛	55

4.11	本章小结	56
------	------	----

## 第 5 章 细节建模

5.1	拓 扑	57
5.1.1	怎样才算是好的拓扑结构	58
5.1.2	处理复杂的拓扑结构	59
5.2	丛林神庙场景的细部建模	60
5.2.1	墙 壁	60
5.2.2	雕 像	62
5.2.3	石 刻	63
5.2.4	植 物	66
5.2.5	IvyGen 藤蔓生成插件	67
5.2.6	地面和土堆	69
5.3	机械蜘蛛的细节建模	70
5.3.1	关 节	70
5.3.2	线 缆	70
5.3.3	连接件	72
5.3.4	其他部件	72
5.4	蝙蝠人的细节建模	72
5.4.1	眼 球	72
5.4.2	牙齿和指甲	73
5.5	本章小结	74

## 第 6 章 雕 刻

6.1	雕刻模式	75
6.1.1	笔刷选项	76
6.1.2	笔刷类型	77
6.2	创建自定义笔刷	79
6.2.1	黏条笔刷	79
6.2.2	变向笔刷	81
6.2.3	平刮笔刷	81
6.2.4	平缓折痕笔刷	82

6.2.5 拖拽遮罩笔刷 .....	83
6.2.6 设置默认笔刷 .....	83
<b>6.3 改进雕刻体验 .....</b>	<b>84</b>
6.3.1 优化雕刻性能 .....	84
6.3.2 自定义 3D 视窗 .....	84
6.3.3 MatCap 材质 .....	85
6.3.4 调节 OpenGL 着色 .....	87
6.3.5 多级精度修改器 .....	88
<b>6.4 雕刻理念 .....</b>	<b>89</b>
<b>6.5 雕刻蝙蝠人 .....</b>	<b>91</b>
6.5.1 形 体 .....	91
6.5.2 切 面 .....	92
6.5.3 粗略的解剖结构 .....	92
6.5.4 使用形变键雕刻死角部位 .....	92
6.5.5 隐藏部分网格 .....	96
6.5.6 雕刻翅膀 .....	96
6.5.7 基础细节 .....	96
6.5.8 雕刻眼周围的部位 .....	97
6.5.9 开始重新拓扑 .....	97
6.5.10 用置换贴图将已有的雕刻细节 转移到一个新的网格 .....	97
6.5.11 细节处理 .....	100
6.5.12 摆姿态 .....	103
6.5.13 表 情 .....	103
<b>6.6 雕刻机械蜘蛛 .....</b>	<b>104</b>
6.6.1 身 体 .....	105
6.6.2 头 部 .....	105
6.6.3 腿 部 .....	105
<b>6.7 丛林神庙：创建琐碎细节 .....</b>	<b>106</b>
<b>6.8 雕刻自然的面部 .....</b>	<b>107</b>
<b>6.9 本章小结 .....</b>	<b>108</b>

## 第 7 章 重新拓扑

<b>7.1 基础知识 .....</b>	<b>109</b>
7.1.1 使用吸附工具进行重新拓扑 .....	109
7.1.2 其他的重新拓扑方法 .....	110
<b>7.2 重新拓扑丛林神庙的树 .....</b>	<b>112</b>
<b>7.3 重新拓扑蝙蝠人 .....</b>	<b>113</b>
7.3.1 减 面 .....	113
7.3.2 重新拓扑身体部分 .....	114
<b>7.4 重新拓扑机械蜘蛛 .....</b>	<b>116</b>
物体的副本组 .....	120
<b>7.5 重新拓扑的技巧 .....</b>	<b>120</b>
<b>7.6 头部的拓扑 .....</b>	<b>121</b>
7.6.1 眼 部 .....	121
7.6.2 嘴 部 .....	121
7.6.3 鼻子 / 嘴唇沟 .....	122
7.6.4 耳 朵 .....	122
<b>7.7 本章小结 .....</b>	<b>122</b>

## 第 8 章 UV 展开

<b>8.1 其他的纹理坐标类型 .....</b>	<b>123</b>
<b>8.2 编辑 UV 坐标 .....</b>	<b>123</b>
8.2.1 UV 栅格 .....	124
8.2.2 UV 展开工具 .....	125
8.2.3 缝合边 .....	126
8.2.4 钉固顶点 .....	127
8.2.5 拼 排 .....	128
8.2.6 指定 UV 贴图 .....	128
8.2.7 测试 UV 坐标 .....	129
<b>8.3 蝙蝠人模型的 UV 展开 .....</b>	<b>129</b>
<b>8.4 丛林神庙模型的 UV 展开 .....</b>	<b>130</b>
8.4.1 石 块 .....	130
8.4.2 树 木 .....	131

8.4.3	多套 UV 坐标集	131
8.4.4	多个物体共用 UV 空间	132
8.4.5	叶片和草	132
8.4.6	雕 像	134
8.4.7	其余元素	134
8.5	机械蜘蛛的 UV 展开	134
8.5.1	应用修改器和副本	135
8.5.2	充分共用 UV 空间	135
8.6	本章小结	136

## 第 9 章 毛发与粒子系统

9.1	毛发粒子的设置	138
9.1.1	选取要添加毛发的物体	138
9.1.2	用于头发的顶点组	139
9.1.3	权重绘制	139
9.2	添加一个粒子系统	141
9.2.1	粒子系统的属性	142
9.2.2	发射面板	142
9.2.3	速度面板	142
9.2.4	旋转面板	143
9.2.5	渲染面板	143
9.2.6	显示面板	144
9.2.7	子级粒子	144
9.2.8	顶点组	146
9.2.9	粒子编辑模式	146
9.2.10	为毛发造型	146
9.2.11	造型技巧	147
9.2.12	子级粒子	148
9.2.13	绒 毛	149
9.3	复杂的毛发样式	149
9.4	用纹理图控制粒子	150
9.5	粒子系统的其他用途	151
	丛林神庙场景中的草	152

9.6	毛发处理技巧	154
9.7	本章小结	154

## 第 10 章 烘焙纹理

10.1	图像和纹理	155
10.1.1	指定图像	156
10.1.2	指定纹理	156
10.2	纹理烘焙的控制项	156
10.3	纹理贴图类型	158
10.4	为蝙蝠人烘焙纹理	160
10.4.1	根据雕刻模型烘焙用于 最终网格的置换贴图	160
10.4.2	位深及纹理	162
10.4.3	应用置换贴图	163
10.4.4	烘焙法线贴图	163
10.4.5	烘焙 AO 贴图	165
10.5	为机械蜘蛛烘焙纹理	166
10.5.1	为多个物体烘焙贴图	166
10.5.2	烘焙漫射色及纹理	167
10.6	为丛林神庙制作纹理	171
10.7	常用的烘焙贴图技巧	171
10.8	本章小结	172

## 第 11 章 纹理绘画

11.1	Blender 中的纹理绘画	173
11.1.1	投影绘画	174
11.1.2	在 UV/ 图像编辑器中绘画	175
11.2	在 GIMP 中进行纹理绘画	176
11.2.1	在 GIMP 中创建纹理画笔	176
11.2.2	为画笔做出多变效果	177
11.3	为蝙蝠人制作贴图	179
11.3.1	绘画材质与用户界面的设置	179



11.3.2	图层模式和透明度	181
11.3.3	修正缝合边	186
11.3.4	图层蒙板	188
11.3.5	创建高光贴图与硬度贴图	190
11.3.6	图层群组	190
11.3.7	眼球贴图	192
11.4	为丛林神庙制作贴图	193
11.4.1	硬度与粗糙度	193
11.4.2	使用 GIMP 创建无缝贴图	194
11.4.3	为地面和树木制作贴图	196
11.4.4	为雕像制作贴图	198
11.4.5	为摄像机制作贴图	200
11.4.6	为树叶制作贴图	201
11.5	为机械蜘蛛制作贴图	204
11.5.1	制作三张贴图	204
11.5.2	添加贴画	205
11.6	本章小结	206

## 第12章 材 质

12.1	Blender 内置渲染器与 Cycles 渲染器 .....	207
12.2	反 射 .....	208
12.3	透射与折射 .....	209
	Z 向透明 .....	209
12.4	Blender 内置渲染器的材质 .....	210
12.5	Cycles 材质 .....	212
	12.5.1 Cycles 的其他输入项 .....	214
	12.5.2 纹理类节点 .....	214
	12.5.3 Blender 内置渲染器的节点 .....	214
12.6	蝙蝠人的材质设置 .....	216
	12.6.1 皮 肤 .....	216
	12.6.2 牙齿、指甲与眼球 .....	222
	12.6.3 手 发 .....	224

12.7	机械蜘蛛的材质设置	226
12.7.1	编辑节点材质	227
12.7.2	节点槽类型	228
12.7.3	其他材质	230
12.8	丛林神庙的材质设置	231
12.8.1	地面	231
12.8.2	石块	231
12.8.3	树叶	235
12.8.4	前景的岩石与土壤	235
12.8.5	水坑	236
12.9	制作材质的常用技巧	236
12.10	本章小结	237

## 第13章 光照

- 13.1 Blender 内置渲染器与 Cycles 渲染器的光照方案对比 ..... 239
- 13.2 Blender 内置渲染器的光照设置 ..... 239
- 13.3 Blender 内置渲染器的阴影 ..... 241
  - 13.3.1 光线追踪 ..... 241
  - 13.3.2 阴影缓冲 ..... 241
- 13.4 Cycles 渲染器的光照设置 ..... 243
  - 13.4.1 Cycles 渲染器中的灯光物体 ..... 244
  - 13.4.2 Cycles 渲染器中的发光网格体 ..... 244
- 13.5 世界环境设置、环境光遮蔽 ..... 244
  - 13.5.1 Blender 内置渲染器的世界环境设置 ..... 245
  - 13.5.2 Cycles 渲染器的世界环境设置 ..... 247
- 13.6 蝙蝠人场景的光照设置 ..... 248
  - 13.6.1 三点布光法 ..... 248
  - 13.6.2 黏土渲染与材质覆盖 ..... 251



13.6.3 阴影与毛发 .....	252	14.6 丛林神庙项目的渲染与合成 .....	278
13.6.4 眼球光照 .....	252	14.6.1 制作背景图 .....	278
13.6.5 地面阴影 .....	252	14.6.2 在 GIMP 中绘制天空 .....	278
13.6.6 蝙蝠人场景的世界环境设置 .....	253	14.6.3 神庙的合成设置 .....	279
13.7 机械蜘蛛场景的光照设置 .....	254	14.7 本章小结 .....	282
13.8 丛林神庙场景的光照设置 .....	255		
13.8.1 世界环境背景设置 .....	255		
13.8.2 神庙入口处的布光 .....	255		
13.8.3 补 光 .....	255		
13.8.4 背 光 .....	256		
13.8.5 关于柔和阴影 .....	256		
13.9 布光的常用技巧 .....	257		
13.10 本章小结 .....	259		

## 第 14 章 渲染与合成

14.1 渲染标签 .....	260
14.1.1 使用 Blender 内置 渲染器渲染 .....	260
14.1.2 使用 Cycles 渲染器渲染 .....	264
14.2 权衡渲染时间与渲染品质 .....	265
14.3 合成器 .....	266
14.4 蝙蝠人项目的渲染与合成 .....	266
14.4.1 渲染层 .....	266
14.4.2 通道合成 .....	267
14.4.3 合成结果的反馈与 预览器节点 .....	272
14.4.4 用栈板与节点组组织节点树 .....	273
14.4.5 再次使用 GIMP .....	274
14.5 机械蜘蛛项目的渲染与合成 .....	275
14.5.1 Cycles 中的景深 .....	275
14.5.2 机械蜘蛛的渲染设置 .....	276
14.5.3 机械蜘蛛的合成设置 .....	276

## 第 15 章 锦上添花

15.1 点缀元素 .....	283
15.1.1 点缀丛林神庙场景 .....	283
15.1.2 点缀蝙蝠人场景 .....	286
15.2 多种视觉效果 .....	287
15.3 绑定与动画 .....	288
15.4 本章小结 .....	289

# 第 12 章

## 材 质

在第 10 章和第 11 章中，我为模型创建了用于漫射颜色的贴图，并设置了相关的参数，如反射度、光滑度及高光色等。现在，我们就把这些图像贴图与程序型贴图、着色器等综合运用。制作出生动真实的场景材质。

本章将介绍 Blender 材质的作用机理，以及如何为材质指定纹理。而在此之前，让我们先来了解一下 Blender 的两大默认渲染器：一个是 Cycles 渲染器，一个是 Blender 内置渲染器。因为它们会直接影响到材质设置方式。

### 12.1 Blender 内置渲染器与 Cycles 渲染器

渲染器的作用是让 Blender 根据场景中的所有信息制作最终图像，这些信息包括物体、材质、灯光及设置等。Blender 自带两种渲染器。一款是 Blender 长期以来一直都有的 Blender 内置渲染器，功能非常强大（尽管稍显过时），使用多种技术手段创建最终的渲染图，通过避免绝对物理精确度来换取速度和灵活性。然而，物理精确度欠佳并不意味着 Blender 内置渲染器就无法渲染出足够真实的图像。它可以使用各种复杂的材质快速渲染场景，在高度真实的美学与高度缺乏照片级真实感及风格化效果这两个极端之间实现一种最终的平衡表现。

Cycles 是 Blender 新增的渲染器，目前依然处于积极开发阶段。与内置渲染器不同，它专注于更真实地模拟光照效果，并为材质和灯光使用更具物理正确感的模型。因此，它可以渲染出非常真实的图像，包括使用 Blender 内置渲染器难以实现的效果，如玻璃等透明物体中复杂的光线折射、场景中反弹光线的多重反射及具有物理正确感的物体自发光等。而与 Cycles 渲染器相伴而来的特点在于，即使使用简单的光照方案，其渲染速度也要比 Blender 内置渲染器慢（至少在本书案例中是这样）。同时，由于 Cycles 尚处于积极开发阶段，它缺少一些重要的特性，如次表面散射（Subsurface Scattering，简称 SSS，详见 12.6.1 节的相关介绍，截至译制本书时，Cycles 已支持该特性——译者注），以及毛发渲染特性（截至译制本书时，该特性也得到了支持——译者注）。

在本书中，这两种渲染器都会用到。我为每个项目选用哪种渲染器主要取决于我要如何定义材质，因为这两种渲染器的作用机理不同，材质的设置方式也不同。对于蝙蝠人案例，我将使用 Blender 内置渲染器来渲染出逼真的次表面散射皮肤效果，也包括毛发。而对于机械蜘蛛案例，尽管两种渲染器皆可使用，但我还是决定用 Cycles 来制作理想的光泽和反射材质效果。

对于丛林神庙项目，我会使用 Cycles 渲染器来渲染，便于直接观察并调节光照效果。

在体验这两种渲染器在创建材质方面的区别之前，让我们来大致了解一些与材质相关的常识吧。这些常识主要与光线通过反射、折射或吸收的方式，以及表面的作用方式相关。

## 12.2 反 射

我们之所以会看见物体，是因为我们的眼睛感知到了从物体表面反射（Reflection）过来的光线。而表面的样貌会根据它与光线的精确作用结果得以表现，这也决定了材质的合成结构。

在真实世界中，岩石、橡胶等无光泽的表面从微观角度看其实都是粗糙的结构。光线在这些表面上朝各个方向反射，这样一来，无论你从哪个角度看表面，结果都是差不多的。这叫做漫（Diffuse）反射。

相反，抛光的表面则较为光滑，即使是从微观角度看。也就是说，当你观察表面时，会看到完美的反射效果，当你改变视角时，反射结果也会随之变化。这叫做高光（Specular）或镜面（Mirror）反射。漫反射和镜面反射的对比效果如图 12.1 所示。

然而，在计算机图形世界中，为了做出真实的材质效果，我们通常会走些捷径。以镜面反射为例，尽管可以渲染出镜面反射效果，渲染速度要比漫反射的慢，因为漫反射效果可通过一些简单的算法进行近似模拟。因此，渲染漫反射效果的速度会快得多，而渲染镜面反射则需要进行大量的光线追踪运算。为了解决此问题，我们通常会考虑只让最显眼的內容得到反射，如明亮的灯光等。如果想要在亮光环境下为金属表面做出光泽感，那么你可能会因光源自身的强光亮度而忽略周围环境的镜面反射内容。对于 Blender 内置渲染器而言，其高光（Specular）反射效果的作用机理如下：渲染器只创建出光源的高光，而不会让表面反射出周围的其他物体（图 12.2）。这种取巧的方法通常会做出满意的效果，当需要更加精确的反射效果时，再把那些选项开启（勾选光线追踪型的“镜面反射”选项），只不过会耗用较多的渲染时间罢了。

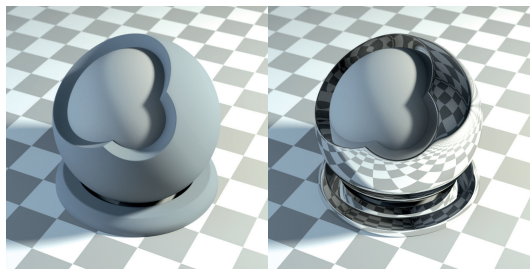


图 12.1 Cycles 渲染器中的漫反射（左）与高光反射（右）效果

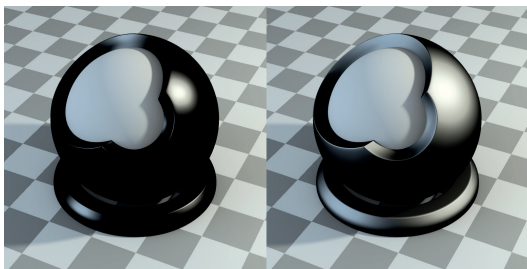


图 12.2 Blender 内置渲染器近似模拟高光反射的效果。通常，这些算法都是针对高光反射而言的，而更真实的（镜面）高光反射效果针对的是光泽反射。左图，仅使用高光反射的效果，硬度值设为 15；右图，硬度值为 100

## 12.3 透射与折射

除了反射光线外，如水或玻璃等物体的表面也会让光线发生透射（Transmission）（即让光线穿过它们）。在真实世界中，通常会有部分入射光（即撞到物体表面的光）被反射，而其余的光线则会发生透射，并使得传播方向发生改变（即折射）。光线之所以会产生折射（Refraction），是因为它在经过不同的介质时，其传播速度也会发生改变。在你观察透明材质时这种光线的偏转会使图像产生扭曲变形。而变形量取决于物体的折射率（IOR），决定了光线的发射方向在物体边界上的偏转程度（详见图 12.8），以及物体的厚度和形状。对于某些物体来说，这种效果尤为显著。例如，当你透过透镜或水杯观察时，就会看到明显的扭曲感。而有些时候，这种扭曲感又是不易察觉的。例如，当你从薄玻璃窗看过去时，几乎感觉不到扭曲变形。

### Z 向透明

我们可以使用 Blender 的光线追踪型透明模拟光线投射和折射。但我们也可以忽略折射而直接渲染物体后面的一切可见元素，从而达到同样的目的。这叫做 Z 向透明（Z Transparency）。该技巧对于窗户等物体较为适用，因为这些物体的折射效果几乎可以忽略不计。图 12.3 对光线追踪型透明的效果与 Z 向透明的效果进行了对比。

Z 向透明同样适用于渲染带有孔洞或复杂轮廓的薄表面，这类网格可以做得较为简单，并可使用一张贴图来定义表面上的透明区域。或者定义的是空无一物的区域，这些区域随后可被渲染成完全透明（不可见），这样可以让表面看上去仿佛呈现出复杂的几何细节一样（图 12.4）。

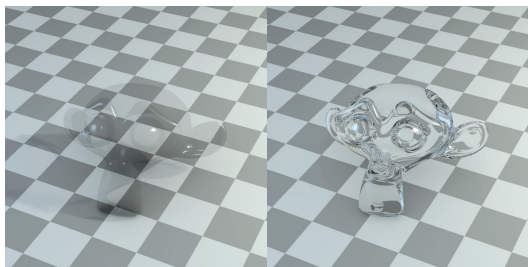


图 12.3 光线追踪型透明与 Z 向透明效果对比（使用 Blender 内置渲染器）。左图：Z 向透明，Alpha 值为 0.25，并启用了高光反射。存在高光反射及些许漫反射效果，方能观察到材质。右图：光线追踪型透明，折射率（IOR）值为 1.5。后者的效果更真实，但渲染时间也相对较长

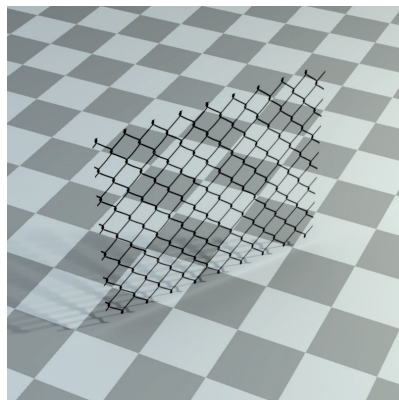


图 12.4 使用 Z 向透明为铁丝网材质做出更复杂的外观，而无需增加额外的几何细节（使用 Blender 内置渲染器）。图中，应用此材质的是一个简单的平面网格 [地面材质标签中的“透明阴影”（Transparent Shadows）选项为勾选状态，从而能够做出精确的投影效果]

此外，光线还可以以更多的方式作用到表面上，如在表面下方散射，或呈现半透明效果，包括拉丝金属表面的各向异性反射效果等。我们将在本章中接触到上述这些作用类型。

## 12.4 Blender 内置渲染器的材质

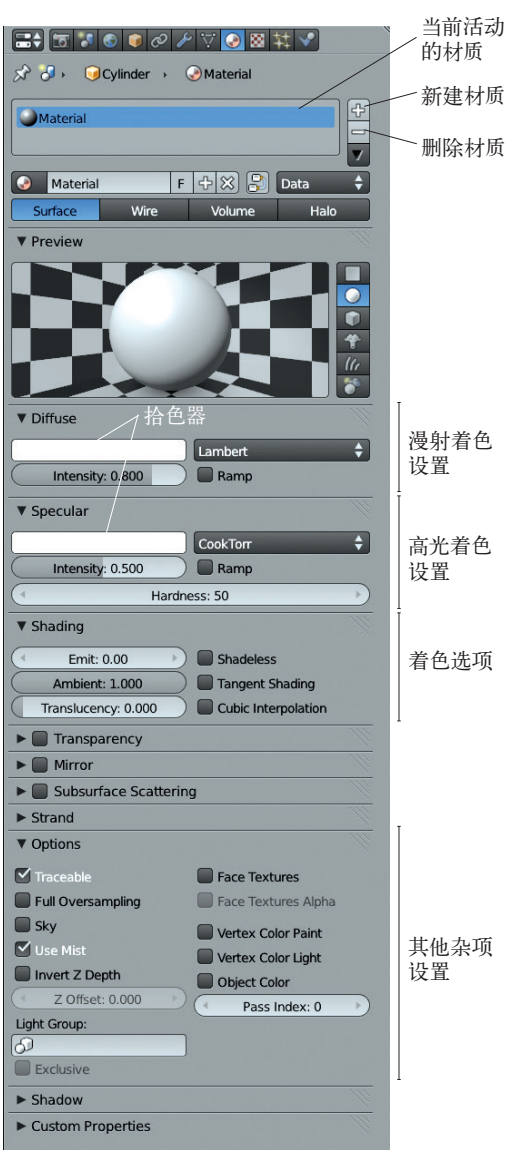


图 12.5 使用 Blender 内置渲染器时的材质标签内容

Blender 内置渲染器是 Blender 的默认渲染器，你可以通过属性（Properties）编辑器中的材质（Material）标签和纹理（Texture）标签来创建材质。你可以在材质标签和纹理标签中看到包括纹理在内的能够影响材质各方面效果的属性。

Blender 内置渲染器的材质是高度模块化的，能够让你添加或组合各种材质属性（如高光、镜射、透明度及次表面散射等），只需在材质标签下的各个面板中开启相关选项（图 12.5）而无需重新创建材质。图中，所有指定给当前活动物体的材质都会在标签顶部的面板中列出来。该列表下方是预览（Preview）面板，显示了当前活动材质的预览效果。下面还有其他若干种面板，包含了各类材质设置项。下面我将对相关的面板进行介绍。

### ■ 漫射（Diffuse）

该面板包含了与材质的漫射颜色和着色算法相关的设置项。拾色器（图 12.5）可供设置材质的漫射颜色，该颜色值随后会与强度（Intensity）值相乘。右侧的下拉菜单中列出了可供使用的着色器样式，能够影响材质漫射颜色从亮到暗向各个角度的衰减样式。默认的 Lambert 着色器样式适用于一般用途，而 Oren-Nayar 着色器样式可用于模拟出微观的粗糙结构，如黏土或石头等。至于列表中其他的着色器样式，则更为独特，通常较少用到。

### ■ 高光（Specular）

高光面板中的设置项与漫射面板中的设置项类似，只是它们控制的是物体的高光着色



(12.2 节介绍过，它可以近似模拟高光反射的效果)。硬度 (Hardness) 输入项则决定了高光反射点的舒紧度 (图 12.6)。硬度值较高的材质将呈现出锐利而明亮的高光点，而那些使用较低硬度值的材质则会显得更加柔和，其高光点也会显得更加发散。

### ■ 着色 (Shading)

以下选项会影响材质的总体着色效果。

**自发光 (Emit)** 该选项会让一个物体发出光亮，甚至能够让物体将自身发出的光投射到其他物体上，即使自身并未被照亮。需与世界环境 (World) 面板中的特定设置项配合使用。

**环境色 (Ambient)** 该选项决定了一个物体是否接受环境光照明，即使用世界环境 (World) 面板中的环境色设置。

**半透明 (Translucency)** 该选项可以让物体的正反两面都发出光亮，实现半透明的效果，就像薄纸或树叶那样。

**无明暗 (Shadeless)** 该选项可完全消除光线对物体的影响。该物体将完全使用自身的漫射颜色与纹理中所设置的颜色和亮度。

**切向着色 (Tangent Shading)** 该选项可使物体表面的着色趋近于拉丝金属般的效果，或其他带有微观结构的“纹路”或方向的金属效果。纹路的走向取决于物体的 UV 坐标，这样一来，纹路会对齐到 UV 空间的 v 轴方向。换句话说，它将会沿 UV/ 图像编辑器的垂直方向对齐。因此，启用此选项时，需确保物体的 UV 经过了适当的展开。

**三次插值 (Cubic Interpolation)** 该选项用于切换表面光影的过渡方式，通常会带来更平滑的结果，尽管会略显发暗。

### ■ 透明 (Transparency)

勾选“透明”勾选框可渲染带透明度的材质。该面板使用表面的 Alpha 值，提供了三种渲染透明物体的方式。最简单的一种就是遮罩 (Mask)，它只会将材质混合到透明的颜色背景中。Z 向透明 (Z Transparency) 的效果则稍显迷惑，它可将透明物体背后的一切元素渲染出来。光线追踪 (Raytrace) 型的透明设置包含多个选项，可设置材质及光泽的折射率 (IOR)，以及材质的过滤量等。

### ■ 镜射 (Mirror)

启用镜射即可渲染光线追踪型反射。该面板中的选项可供定义光线追踪型反射的反射量 (Reflectivity) 及锐利度 (Sharpness)。

### ■ 次表面散射 (SSS)

该选项控制的是光线在某个材质表面之下的散射效果，常用于制作皮肤或蜡质。在 12.6.1

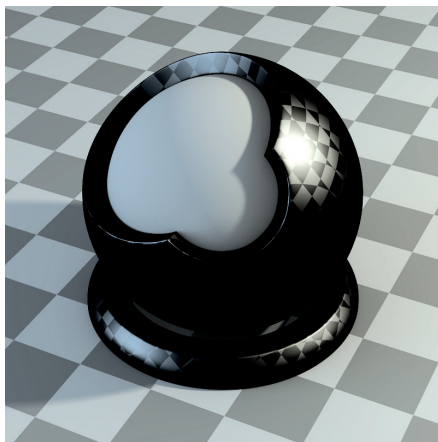


图 12.6 不同的硬度级可影响到物体表面的高光反射。图中案例使用棋盘格纹理控制硬度 (你也可以使用一张纹理贴图做出硬度的变化)

节中，我会对次表面散射做详细介绍。

### ■ 选项 (Options)

该面板中包含了若干杂项。例如，可追踪 (Traceable) 可用来控制一个物体是否参与光线追踪阴影和反射的计算。我会在需要用到这些选项时再多做介绍，至于其他未在此提及的选项，建议访问 Blender 官方的帮助网站 <http://wiki.blender.org/>。

### ■ 阴影 (Shadow)

该面板控制的是物体接受阴影与投射阴影的方式。例如，“仅投射阴影” (Cast Only) 选项可让物体不可见，只显示它投射出的阴影。“仅阴影” (Shadows Only) 选项可将材质的阴影作为唯一不透明的部分进行渲染 (这尤其适用于创建想要随后合成到另一张图像中的阴影)。

## 12.5 Cycles 材质

和 Blender 内置渲染器不同，前者包含了种种技巧和近似模拟方法，可以让渲染速度更快。而 Cycles 材质使用了更偏向物理真实级别的渲染样式。它采用了一种基于节点的设置机制，可以根据简单的部件做出复杂的材质效果。你同样可以使用属性 (Properties) 编辑器中的材质 (Material) 标签来编辑 Cycles 材质，这样便于掌握当前材质的设置结果。不过，通过 Blender 的节点编辑器 (Node Editor) 来编辑则会更简单，更整洁。如图 12.7 所示。

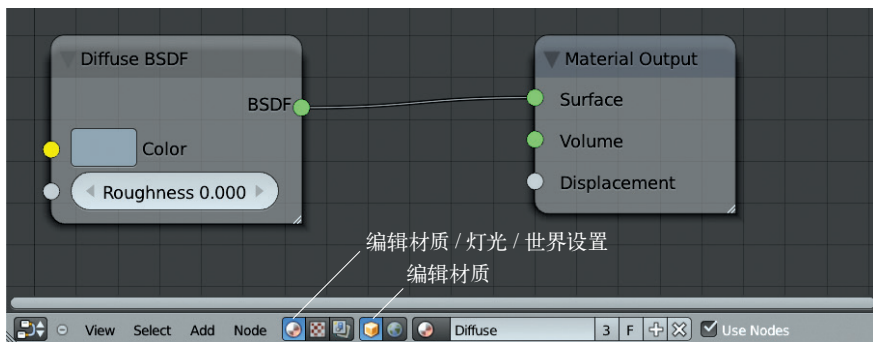


图 12.7 在 Blender 的节点编辑器中编辑一个 Cycles 材质。右边是材质输出节点，它的表面 (Surface) 节点槽与漫射着色器节点的 BSDF 输出槽相连，该漫射材质的结果如图 12.1 所示

要想使用 Cycles 制作一个材质，你所需的就是一个着色器 (Shader) 节点，以及一个材质输出 (Material Output) 节点。你可以以此为基础，并与其他着色器节点、输入项节点以及纹理节点结合，进而制作出千变万化的材质效果。要想添加一个节点，请按 Shift-A 并从弹出菜单中选择你想使用的节点，就像在 3D 视窗 (3D Viewport) 中添加物体那样。

BSDF (Bidirectional Scattering Distribution Function, 双向散射分布函数) 着色器节点控制了材质的作用方式。这些功能定义了灯光与表面之间的作用方式。例如，材质是以漫反射方式反射光线，还是像镜面那样反射光线，亦或是像玻璃那样透射光线等。BSDF 着色器可在节点

编辑器的标题栏菜单中的添加 (Add) ► 着色器 (Shader) 中找到, 并包含了其他若干选项。

Cycles 渲染器目前支持如下着色器。

**背景 (Background)** 该选项影响的是世界环境的背景色, 而不是材质。(关于世界光照设置详见第 13 章)

**漫射 BSDF (Diffuse BSDF)** 该着色器可让光线沿各个方向散射, 产生漫反射的效果。

**光泽 BSDF (Glossy BSDF)** 该着色器可像镜面那样反射光线, 将粗糙度 (Roughness) 的值设高可增加反射的模糊感。

**玻璃 BSDF (Glass BSDF)** 玻璃 BSDF 函数可将物体当做玻璃等透明介质让光线透射。折射率 (IOR) 决定了光线在透过表面时的偏转程度。值越高, 偏转程度越大。密度越大的材质, 其折射率值越高。例如, 玻璃的折射率约为 1.5, 水的折射率约为 1.3。钻石是一种密度更大的材质, 它的折射率为 2.4。这些材质的折射效果对比如图 12.8 所示。

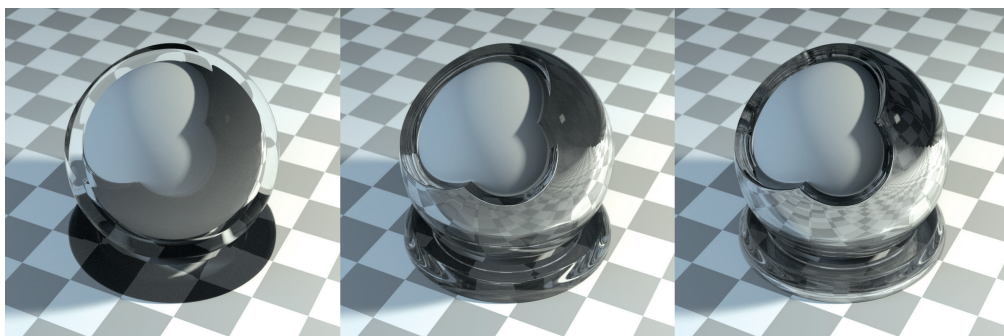


图 12.8 不同折射率的对比。从左至右依次为: 1.05、1.5 和 2.5。  
随着折射率的增加, 折射光线变得更加复杂

**透射 BSDF (Translucent BSDF)** 该着色器可让物体背面的光线朝各方向散射, 产生一种透射的效果, 就像薄纸或叶片等物体那样, 让光线穿过材质继续传递。

**透明 BSDF (Transparent BSDF)** 该着色器可让光线穿过材质而不发生折射, 就像没有任何物体遮挡一般, 适用于合成 Alpha 贴图 (关于叶片材质的制作, 详见 12.8.3 节内容)。

**丝绒 BSDF (Velvet BSDF)** 该着色器的反射效果类似漫射着色器, 但当从偏斜的角度看去, 它的光线反射程度更显著, 最终可做出类似丝绒质感的效果。

**自发光 (Emission)** 该着色器可使物体产生自发光, 将自身作为一个光源。

**阻隔 (Holdout)** 该着色器可在图像上做出一个“空洞”, 能够以零透明度看到背景色。适用于合成。

**混合着色器 (Mix Shader)** 该着色器可让你按比例对两个着色器进行混合, 混合系数可手动设置。混合 (Mix) 节点可让你将多个着色器以各种方式组合, 从而做出千变万化的材质效果。例如, 你可以将一个光泽着色器 (Glossy BSDF) 和一个漫射着色器 (Diffuse Shader) 混合到一起, 进而做出一种类似塑料质感的材质, 如图 12.9 所示。



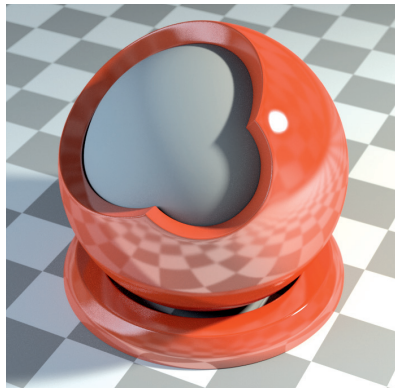
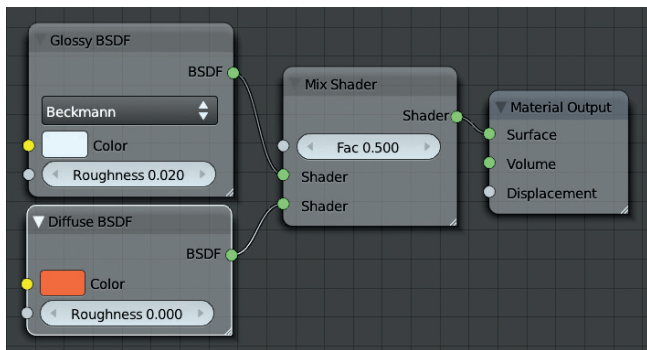


图 12.9 使用混合 (Mix) 节点合并多个着色器。图中，我将一个漫射 BSDF (Diffuse BSDF) 着色器与一个光泽 BSDF (Glossy BSDF) 着色器混合，做出了一种塑料质感的着色器

**相加着色器 (Add Shader)** 该着色器可将两个着色器的效果加在一起。它的灵活性不如混合 (Mix) 节点，因为你无法控制混合量，除此之外的作用机理基本相同。

若想了解更多的着色器类型，以及更详细的 Cycles 文档，请访问 <http://wiki.blender.org/>。

### 12.5.1 Cycles 的其他输入项

Cycles 提供了各种各样的节点，可用于处理材质中的各类数据，包括用来输入图像型纹理和程序型纹理的节点，以及支持几何信息处理的节点。如表面法线，以及表面在 3D 空间或 UV 空间中的位置等（可以将纹理映射到表面上）。将这些节点相互组合便可实现功能强大的应用，我们将在本章中进行具体讲解。

### 12.5.2 纹理类节点

纹理 (Texture) 类节点对于制作材质而言尤为有用，它们支持各类程序型和图像型纹理，并将其用于材质。我将对在第 10 章和第 11 章中制作的纹理贴图应用图像纹理 (Image Texture)。

除此之外，其他纹理节点是用来创建程序型纹理的。例如，杂色纹理 (Noise Texture) 可做出多彩云絮状纹理，适用于为表面做出随机化的细节外观。波浪纹理 (Wave Texture) 可做出重复平铺的带状（或环状）纹理，如果调节其中的扭曲变形值，则可做出类似木纹的效果。棋盘格纹理 (Checker Texture) 是一种用于测试材质设置效果的理想纹理，例如，通过将一个棋盘格节点与一个混合着色器 (Mix Shader) 节点的系数 (Fac) 输入槽相连，你可以实现两种着色器间的交叉排布效果 (图 12.10)。我们将在本章中对 Cycles 的纹理类型进行详细的讲解。

### 12.5.3 Blender 内置渲染器的节点

虽然我不会对每种节点都做详细介绍，但 Blender 内置渲染器同样支持节点材质。尽管

操作方法相同，但与 Cycles 的节点的设置原理稍有区别。与 Cycles 渲染器下的着色器节点不同，在 Blender 内置渲染器下，你可以使用其他材质作为输入项，并用它们合成出新的材质。图 12.11 显示的是用两种材质合成出第三种材质。

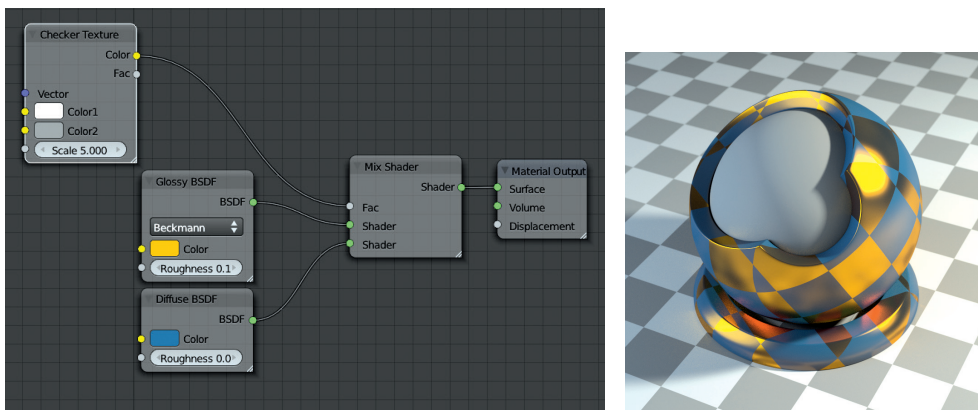


图 12.10 使用一个纹理控制着色器间的混合结果。图中使用棋盘格纹理来控制一个光泽着色器 (Glossy Shader) 和一个漫射着色器 (Diffuse Shader) 的混合效果

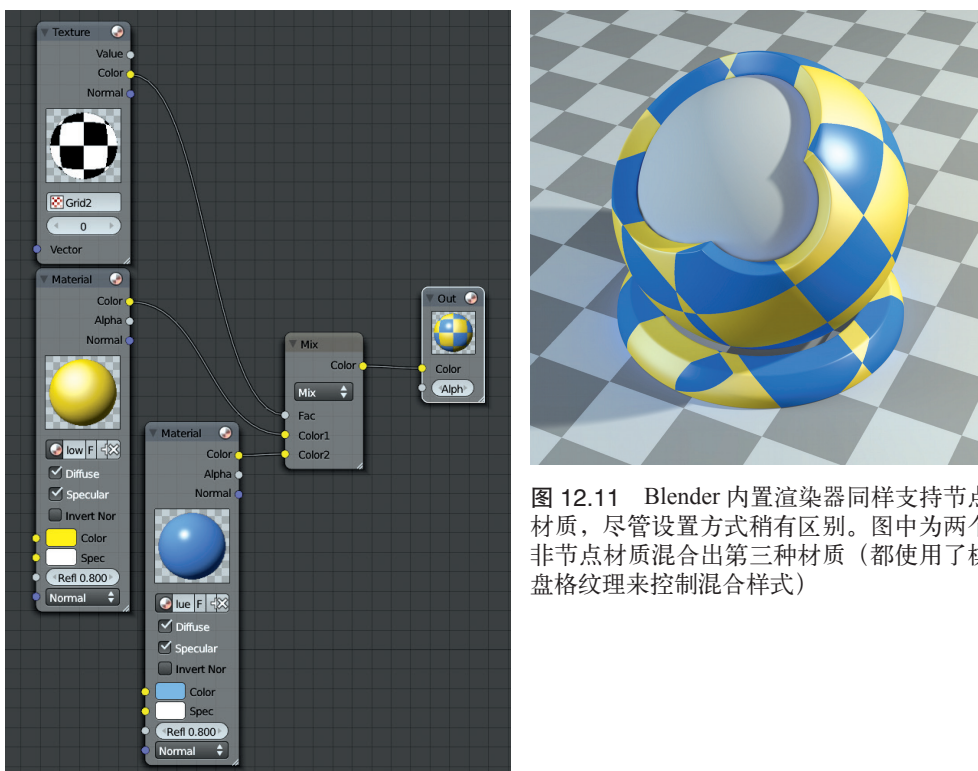


图 12.11 Blender 内置渲染器同样支持节点材质，尽管设置方式稍有区别。图中为两个非节点材质混合出第三种材质（都使用了棋盘格纹理来控制混合样式）

## 12.6 蝙蝠人的材质设置

让我们来实践一下如何制作材质吧。先使用 Blender 内置渲染器为蝙蝠人项目制作材质。对于这个项目，我需要做出皮肤、毛发、眼球和牙齿的材质。

### 12.6.1 皮 肤

首先制作它的皮肤。我为蝙蝠人物体新建一个材质，也就是带置换效果的材质，用于最终渲染（还记得吧，场景中有蝙蝠人的两个副本：一个用来渲染身体，另一个副本是在第 9 章中制作的，用来承载毛发）。我打开属性（Properties）编辑器中的材质（Material）标签，并将现有的材质槽全部删除（方法是点击标签顶部右侧的“-”图标）。点击材质选择器下拉菜单旁边的“+ 新建”（+New）按钮，然后就可以开始设置材质了。材质的初始设置如图 12.12 所示。

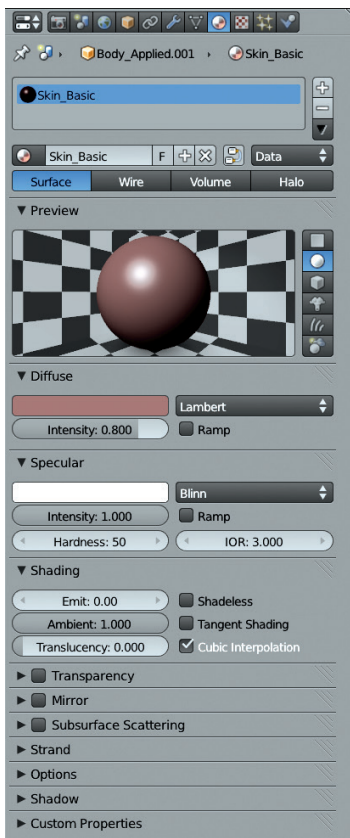


图 12.12 蝙蝠人材质。此时并未进行任何贴图或次表面散射设置。材质的渲染效果如右图所示（关于灯光和渲染设置详见第 13 章和第 14 章）

目前这还是一个简单的材质，我只是调节了漫射色、高光强度及硬度。此外，我将高光着色模型切换为宾氏（Blinn），这样可以得到相对柔和的高光。接下来，我需要导入我的贴图，并对材质进行完善。

为了引入漫射贴图，我切换到属性（Properties）编辑器中的纹理（Texture）标签，选中第一个纹理槽，并点击“+新建”（+New）按钮新建一个纹理。然后，我将纹理类型（Texture Type）设为图像 / 影片（Image or Movie），这样便在纹理面板中添加了一个图像（Image）面板，以便能够加载漫射贴图。

### ■ 映射坐标

为了将纹理以适当的方式指定给材质，我要让材质使用在第 8 章中创建的 UV 坐标。

具体做法是，我可以将映射（Mapping）面板中的坐标（Coordinates）设为 UV。不过，列表中还有其他多种坐标类型可供选用，同样值得介绍一下。例如，生成型（Generated）可按程序方式投射坐标，具体样式取决于其下方的投射（Projection）模式，适用于应用无缝贴图，且无需为物体展 UV。生成（Generated）型坐标将物体的表面投射到一个假想形状（可以是平面、立方体、管形或球形）上并以该投射模式为依据来应用纹理。应用效果如图 12.13 所示。

我们会用到其他一些选项，如将在本章后续内容中用到的线股 / 粒子（Strand / Particle）型坐标等。至于法线型（Normal）坐标，在 GLSL 着色方式下启用 MatCap 图像时，我们已看到过它的实际效果。

### ■ 影响

纹理（Texture）标签下的影响（Influence）面板用来设置可通过纹理影响的材质属性，如法线（Normal）、硬度（Hardness）、Alpha 透明度，以及漫射（Diffuse）、高光（Specular）、镜

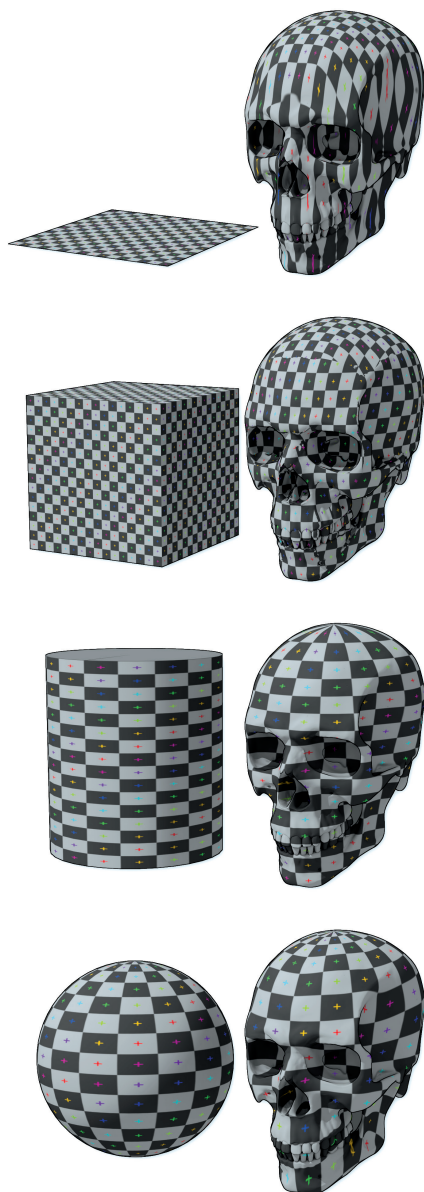


图 12.13 Blender 的生成型坐标可将纹理图按指定的形状投射到物体上，从而做出相应的纹理映射效果。从上至下依次为平面（Flat）投射、立方体（Cube）投射、管形（Tube）投射、球形（Sphere）投射。图中，立方体和球面投射的效果较理想，因为颅骨



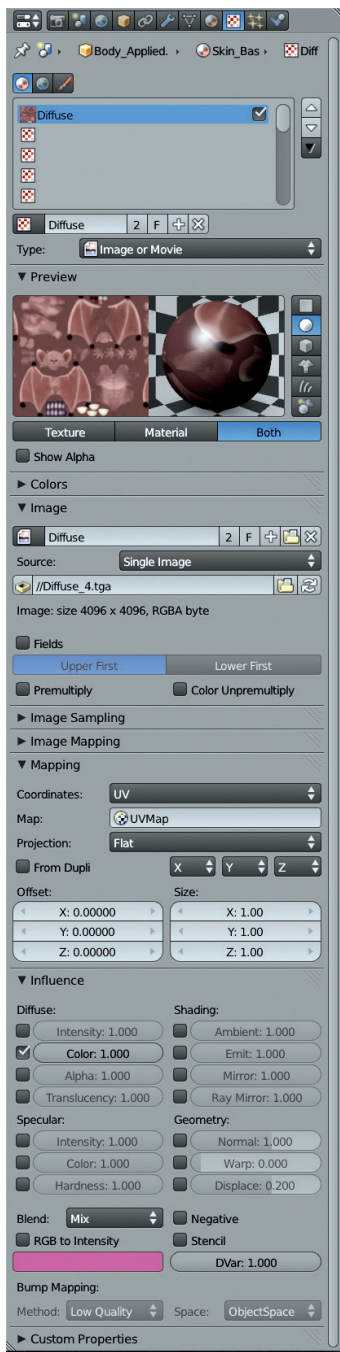


图 12.14 将漫射贴图指定给蝙蝠人

射 (Mirror) 及强度 (Intensity) 等。对于漫射贴图, 我们默认使用漫射 (Diffuse) 属性中的颜色 (Color) 项, 用贴图的 RGB 颜色值设置物体表面的颜色 (图 12.14)。我将该纹理的混合 (Blend) 模式设为混合 (Mix)。也就是说, 它会替换掉在材质 (Material) 标签中指定的漫射色。

你也可以勾选“RGB 值转强度值” (RGB to Intensity) 选项, 只用纹理的黑白值而忽略它的色彩信息。该选项可让你在该选项的下方选择特定的颜色, 并将该颜色值与该黑白值相乘, 适用于仍然需要颜色属性的应用。勾选“负向” (Negative) 选项可使纹理颜色在应用到模型之前反相显示。“镂版” (Stencil) 选项专用于合并多个程序纹理, 因为它会将当前纹理当做下方纹理槽的蒙版: 纹理中的白色区域允许位于当前纹理槽下方的纹理显现, 而黑色区域将只会显示当前纹理槽上方的纹理。

## ■ 高级纹理

现在, 我继续向材质应用纹理。首先, 我们来看一下我在第 11 章中制作的高光贴图和硬度贴图。为了为材质添加高光贴图, 我在纹理 (Texture) 标签顶部的选择一个空的纹理槽, 并点击纹理选择器下拉菜单旁的“+ 新建” (+New) 按钮新建一个纹理数据块, 将它的类型设为图像 / 影片 (Image or Movie)。然后, 我像之前那样将映射坐标类型设为 UV。在影响 (Influence) 面板中, 我将该纹理设置为影响材质的高光色 (Specular), 并将混合 (Blend) 模式设为相乘 (Multiply), 以便能够将该贴图的颜色值与材质的高光色值相乘。

对于硬度贴图, 我要设置一个专门影响材质硬度的纹理, 并勾选“RGB 值转强度值” (RGB to Intensity) 选项, 以便可以让 Blender 将该纹理图作为单色亮度图, 而不是彩色图 (作为不需要颜色信息的输入项时, RGB 纹理将失效)。我将混合 (Blend) 模式设为相乘 (Multiply)。

需要注意的是, 当硬度值为 0 时会产生怪异的结果。因此, 不仅要确保硬度贴图中不含纯黑色的区域, 也要确保贴图的影响量低于 1, 以免产生怪异的结果。

这就完成了材质纹理的添加。目前的材质效果如图 12.15 所示。



图 12.15 添加纹理后的蝙蝠人材质效果

### ■ 添加法线贴图

尽管我已经完成了材质纹理的添加，但你或许还记得，在第 11 章中，我还为蝙蝠人烘焙过一张法线贴图，作为置换效果的替代方案。在现阶段，我可以将那张法线贴图添加到另一个纹理槽中，并在影响（Influence）面板中将它的影响属性设为法线（Normal）。我同样要告诉 Blender：这是一张用于切向空间的法线贴图（而不是凹凸贴图或用于物体空间法线贴图）。因此，在纹理（Texture）标签的图像采样（Image Sampling）面板中，我勾选了“法线贴图”（Normal Map）选项，并在下拉菜单中将法线贴图空间类型设为切向（Tangent）。经过此番设置的纹理将在渲染时用于使法线变形，以便增加它的细节，即使未使用细分和置换映射。

所以之前我使用的是置换映射，所以用不到这张法线贴图，但如果你希望缩短渲染用时，或者你的计算机性能不足以处理场景中的多边形数量时，可考虑使用法线贴图。

### ■ 次表面散射

次表面散射（Subsurface Scattering，简称 SSS）是光线在材质表面的下方反弹后产生的视觉效果，常见于如皮肤、蜡质和大理石等质地的物体。当光线从完全被照亮的区域向暗部区扩

散时，就会在暗区边缘产生一定的模糊感，随着光线的散射，某些光线将被吸收，而其余的光线通常会显示为下方物质的颜色。以皮肤为例，皮肤下方的血肉会让散射光线映出某种橙红色。

要想在 Blender 内置渲染器中做出这种效果，我们可以勾选材质的“次表面散射”（Subsurface Scattering）选项。该效果通过对穿过物体表面的光线进行预计算，能够大致模拟出光线在某物体内部的散射样式。同时，它也可以让光线散射并穿透模型的稀薄部分。这样一来，当与来自主体背面的光线结合作用时，就可以得到很棒的效果（关于蝙蝠人项目的灯光设置，详见第 13 章）。

在属性（Properties）编辑器中勾选材质（Material）标签下的“次表面散射”，该面板随后会显示很多可供调节的选项。用于次表面散射的设置项如下。

**折射率（IOR）** 此选项用于设置材质的折射率（IOR）。折射率值越高，明暗区域的过渡边界就越柔和。

**缩放（Scale）** 这是最重要的一个选项，因为它决定了散射效果在 3D 视窗中的 Blender 单位与真实世界之间的缩放比例。如果你已经按照 1Blender 单位 = 1m 的比例构建场景，那么值为 0.001 时的效果就是“正确”的，尽管你也可以随意设置此值（图 12.16）。



图 12.16 次表面散射的不同缩放比值效果对比。从左至右依次为 0.01、0.1 和 0.5

**散射颜色（Scattering Color）** 该选项决定了光线散射的颜色。它的效果主要取决于你设置的颜色混合量（详见下文）。将材质混合量设为满值时，它将完全使用你选择的颜色作为散射光的颜色；将该颜色的混合量设为 0 时，则会让散射光颜色变为它的反相色——也就是位于拾色器色盘对立面的颜色（图 12.17）。

**RGB 范围（RGB Radius）** 对于多数材质，某些颜色的光线的散射距离会大于其他颜色的光线。例如，以苍白的皮肤为例，红光的散射距离最远，绿光的散射距离约为红光的一半，而蓝光的散射距离约为红光的 1/4。这些设置能够让你定义与红光、蓝光和绿光对应的散射距离。

**混合（颜色 / 纹理）[Blend（Color / Texture）]** 这些设置决定了散射颜色和漫射纹理的传播程度。即使不设为 0，我通常也会将这两项的值设得很低，因为这样的效果会更理想。较高的颜色混合值容易导致材质自身的其他颜色被散射颜色冲淡（图 12.17），而较高的纹理混合



图 12.17 不同的颜色混合设置对次表面散射的影响效果。图中的三个材质都使用了同一种偏蓝的散射颜色，不同的是它们所应用的颜色混合值。从左至右的颜色混合值分别为 0.0、0.5 和 1.0

值则会使纹理变得模糊。

**散射权重（前 / 后）** [Scattering Weight (Front/Back)] 该属性可调节模型前向与后向的散射量。增加后向散射权重可使模型稀薄处的光线散射效果更明显，通常这是想要的效果。将前向散射权重值设为 0 可使阻止光线在前表面散射，除从后向散射过来光线的地方外，模型上其他的地方均显示为黑色，如图 12.18 所示（有时可适用于节点材质的设置）。



图 12.18 前向散射与后向散射。从左至右依次为仅前向散射、前后双向散射、仅后向散射

**容差（Error）** 该值决定了 SSS 效果的品质。较低的值会得到更加精确的结果，但会耗用较长的渲染时间。通常使用默认值即可。

对于蝙蝠人材质，我的 SSS 设置如图 12.19 所示。我根据生物体的尺寸设置适当的缩放（Scale）值，该模型的构建比例为 1m = 1Blender 单位，并选用青色作为散射颜色。同时，将颜色的混合值设为 0，这样会得到理想的橙色散射效果。我将后向散射权重值设高，让光线从翅膀后侧散射过来。这样就完成了蝙蝠人的皮肤材质设置。



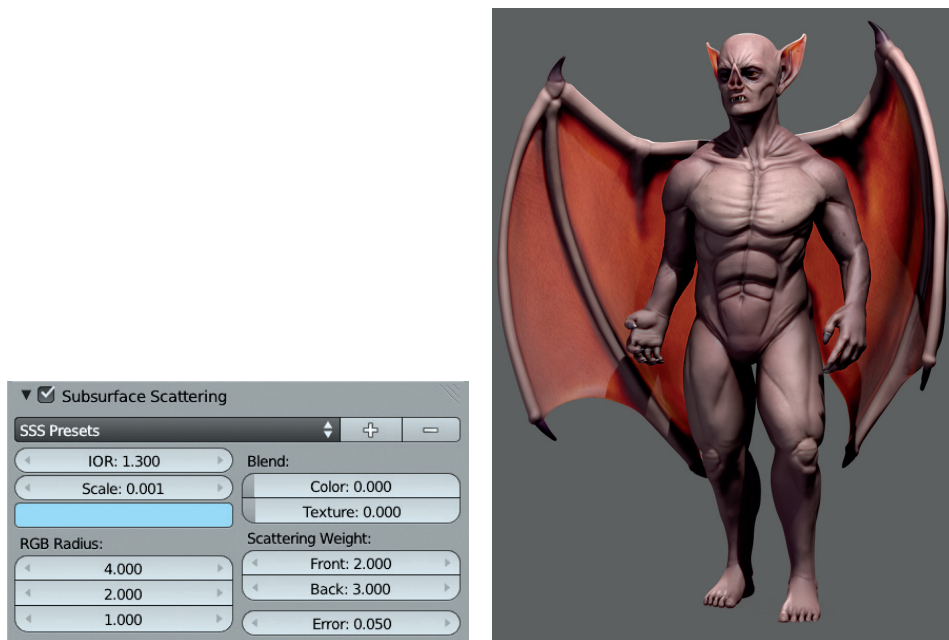


图 12.19 蝙蝠人皮肤材质的 SSS 设置。结合后侧的光照，次表面散射让从翅膀后侧散射出的光线透出辉光感

### 12.6.2 牙齿、指甲与眼球

为了为牙齿和指甲制作材质，我先根据之前制作好的皮肤材质创建一个副本，调低 SSS 效果，并增加整体的高光量，让这些区域显得更光亮些。

要想复制材质，请先将它指定给某个物体。然后，在材质选择器的下拉菜单旁点击“+”图标新建一个材质，也就是当前指定材质的副本。你可以对这个副本材质进行更改，同时又可保持原来的那个材质不被改变。这种方式易于制作与已有材质相近的新材质。

我为眼球制作了两新材质。眼球模型是我在第 5 章中制作好的，并且把它们做成了两部分：一个是构成眼球外表面的角膜物体，另一个是形成眼球自身的内眼结构。在对内眼结构执行了 UV 展开与贴图指定后，我将该材质设置为与皮肤相近的材质效果，只是将表面散射颜色中的红色调减淡。此外，我也将该材质的高光反射禁用（将高光强度设为 0），因为眼球的高光反射将体现在角膜物体上。我将第 11 章中绘制完成的眼球贴图作为该材质的漫射贴图。

对于角膜，我需要为它制作一种光亮而透明的材质，并且不会在内眼物体上投影。要想实现这样的效果，我为该物体新建了一个材质。然后，我在材质（Material）设置面板中勾选“透明”（Transparency），并将透明方式设为 Z 向透明（Z Transparency），将该材质的 Alpha 值设为 0。这样的设置能够使除高光、硬度及镜射以外的材质区域变得透明。我将材质的高光和硬度值设得很高。此外，为了避免材质产生投影，我禁用了选项（Options）面板中的“可追踪”

(Traceable), 以及阴影 (Shadow) 面板中的“投射缓冲阴影” (Cast Buffer Shadows)。这两种眼球材质的效果如图 12.20 所示。

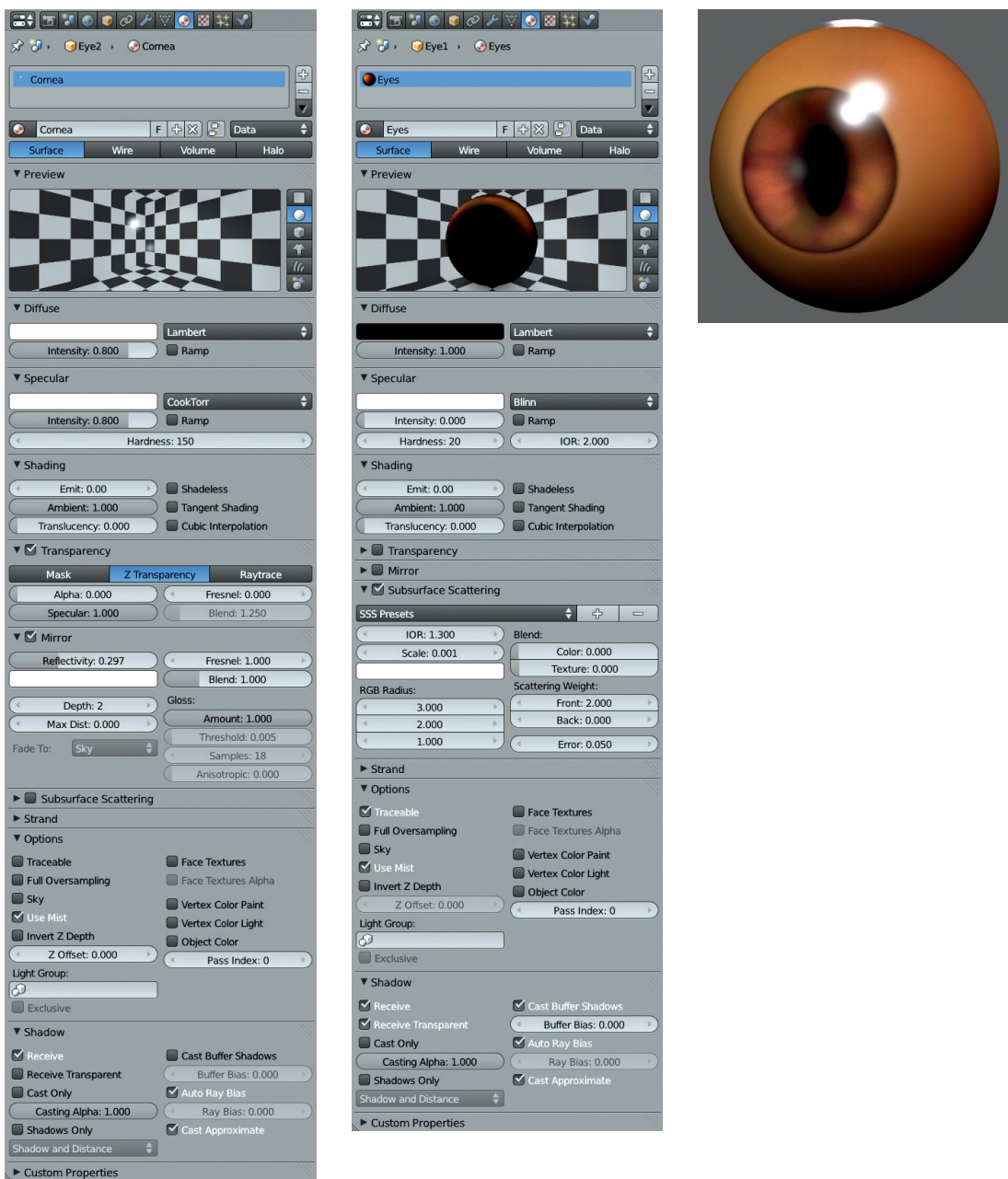


图 12.20 两种眼球材质的设置。高光亮斑加到角膜网格上，将其余材质指定给内眼网格

### 12.6.3 毛 发

相对于常规材质而言，毛发材质稍显复杂，需要了解一点光照和渲染方面的知识。在此，我要讲解毛发的材质设置，并在第 13 章中讲解毛发的光照设置。

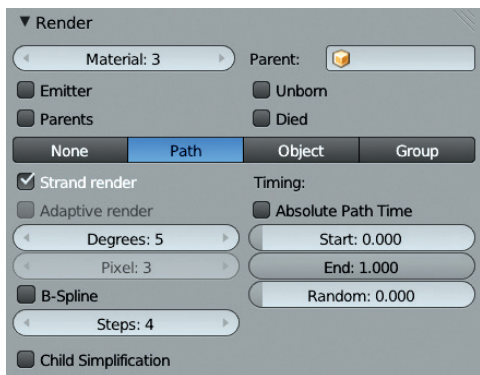


图 12.21 在属性编辑器中的粒子标签下勾选“线股渲染”

在 Blender 内置渲染器中，线股粒子既可以像其他材质那样渲染，也可以使用 Blender 中专门的“线股渲染”（Strand Render）选项进行渲染。通过 Blender 的“线股渲染”选项渲染毛发的方式要快得多，但该方法不支持光线追踪型阴影，而是只能渲染由开启了缓冲阴影（Buffer Shadows）选项的聚光灯（Spot）所形成的投影。

要想启用“线股渲染”，请在属性（Properties）编辑器中的粒子（Particles）标签下展开渲染（Render）面板（图 12.21）。以蝙蝠人为例，我选用了线股渲染的方式。在第 13 章中，我们将探讨针对该设置创建合适的光照设置。

接下来，我在材质（Material）标签下为“线股”选项进行了相应的设置。在材质标签的线股面板中，你可以指定线股的厚度及形状，具体设置项如下。

**尺寸（根 / 梢 / 最小值）[Size (Root/Tip/Minimum)]** 该属性决定了毛发粒子根端和梢端的厚度。最小值（Minimum）指定的是 Blender 最终渲染出的单根线股的最小像素宽度。

**Blender 单位（Blender Units）** 尺寸设置项中所指定的厚度值默认以像素为单位。不过，当场景中有大量的距离镜头远近不一的粒子时就会产生问题，由于它们都会被渲染成相同的像素宽度，因此距离镜头较远的那些线股会显得粗厚一些。勾选“Blender 单位”（Blender Units）后，便可转而使用以 Blender 单位作为宽度单位的厚度值渲染粒子了。

**切向着色（Tangent Shading）** 此选项可使线股沿切线方向进行着色，而不是法线方向，通常会带来更理想的效果。

**形状（Shape）** 该选项修改的是线股的根宽度与梢宽度间的过渡样式，默认值为 0，相应会做出线性过渡。负值可在末梢出形成尖刺形状，而正值的效果则更圆滑。

**宽度渐变（Width Fade）** 该选项可使线股沿宽度渐变，但只在渲染时才能看到效果。

**UV 贴图（UV Map）** 该选项可让你替换掉其中一个现有的 UV 坐标集，以便能够为线股做出一张 UV 贴图。这样可以为所有的线股都指定一张 UV 贴图，但该选项仅在禁用“线股渲染”时才可用。

**表面漫射（Surface Diffuse）** 该设置项可使表面的漫射着色与指定距离的线股着色相混合。

#### ■ 线股坐标

如上文所述，我们使用 UV 贴图覆盖的方式为线股材质设置纹理。不过，还有个更简单的

方法，那就是在应用纹理图时使用线股坐标来执行映射。尽管这只支持沿线股长度方向上的一个单维坐标，但对于细窄的线股来说也足够用了。

以蝙蝠人的毛发为例，我首先设置一个简单的材质，并使用如图 12.22 所示的设置。请注意，我勾选了“Z 向透明”（Z Transparency），并将 Alpha 值设为 0.7。对于线股（Strand）设置项，我勾选了“Blender 单位”（Blender Units）项，然后将根（Root）和梢（Tip）的尺寸分别设为 0.00125 和 0.0001（这些值都很小，因为毛发是非常细窄的物体，况且宽度值的单位为 Blender 单位）。我同样勾选了“切向着色”（Tangent Shading），并将宽度渐变（Width Fade）设为 1.0。

接下来，在纹理（Texture）设置中，我使用 Blender 的程序型混合纹理来沿着毛发长度为毛发添加 Alpha 渐变效果，让越接近毛发末梢的地方越透明。我在第一个纹理槽上为材质新建一个纹理，并将类型（Type）设为混合（Blend）。然后，我开始调节混合纹理的颜色。首先在颜色（Colors）面板中勾选“渐变”（Ramp），并对所使用的程序纹理颜色进行调节。我点击添加（Add）按钮，沿渐变色带创建出多个分段，然后将颜色的过渡样式设为从透明黑色过渡到不透明的白色，再过渡回之前的颜色（图 12.23）。最后，在映射（Mapping）面板中，我将纹理的坐标（Coordinates）类型设为生成（Generated）型，并在影响（Influence）面板中将纹理设置为与材质的 Alpha 和高光强度（Specular Intensity）相乘。

我对毛发的颜色也执行了类似的操作。我在第二个纹理槽中新建了另一个混合（Blend）型纹理，但这次的混合样式是从黑色过渡到白色（两侧的 Alpha 值都是 1.0）。同样，我将纹理映射给线股的坐标，并将它设为与线股漫射色相乘，相乘值设为 0.8，这样会让线股的基色显得略深，从而模拟出些许的阴影感。

接下来，我添加了一个云絮（Cloud）纹理，用来修改材质的颜色，将漫射颜色（Diffuse Color）的影响系数设为 0.8，并将混合（Blend）模式设为相乘

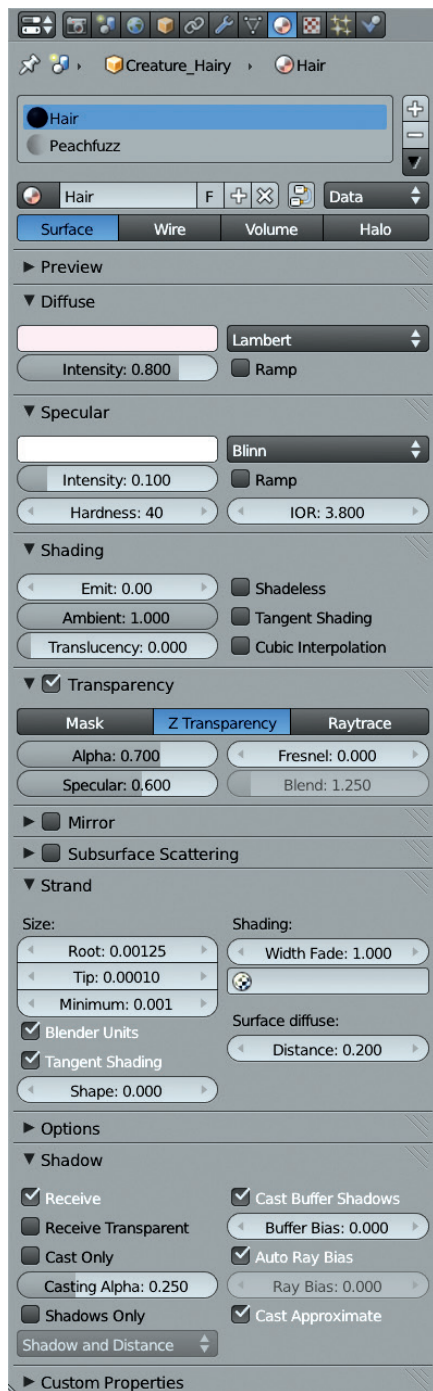


图 12.22 我的毛发材质的基本设置



(Multiply)，将映射坐标设为 UV。我将云絮纹理的比例缩小到一个最小的值，实际上是将纹理转成黑白杂色样式，并让每根毛发的亮度略微增加。这样就完成了毛发材质的制作，效果如图 12.24 所示。

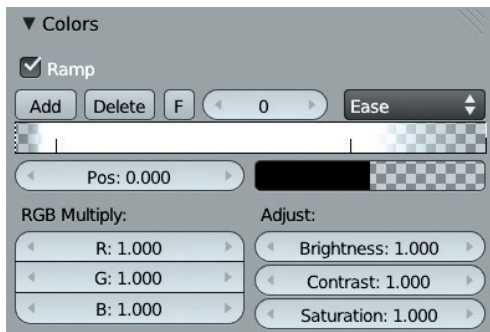


图 12.23 更改程序混合纹理的颜色



图 12.24 毛发材质



图 12.25 绒毛的效果很细致，能够为模型的某些部分带来光晕感

## ■ 绒 毛

我为绒毛设置了一个非常类似的粒子系统。对于该粒子的材质，我降低了线股的尺寸值，让它们更窄小，并降低材质的总体 Alpha 值，让毛发看上去更纤细。材质效果如图 12.25 所示，可以在身体轮廓处看到绒毛，这正是我想要的效果。

至此，我的蝙蝠人材质就制作完成了。

## 12.7 机械蜘蛛的材质设置

对于机械蜘蛛的项目，我选择用 Blender 的 Cycles 渲染器进行渲染，因为它可以让我做出较为理想的光泽材质，从而为模型增色。我首先创建一个单独的材质，并把它应用到机械蜘蛛网格上的所有需要贴图的部分。你可以使用名为 Material Utils 的脚本插件来快速实现此操作：

依次点击文件 (File) ► 用户设置 (User Preferences) ► 插件 (Addons)，在列表中启用该插件，然后按快捷键 Q 将材质同时指定给所有选中的物体。默认情况下，Blender 将指定一个漫射 BSDF (Diffuse BSDF) 着色器，如图 12.26 所示的材质。默认为一种无光泽的白色材质。

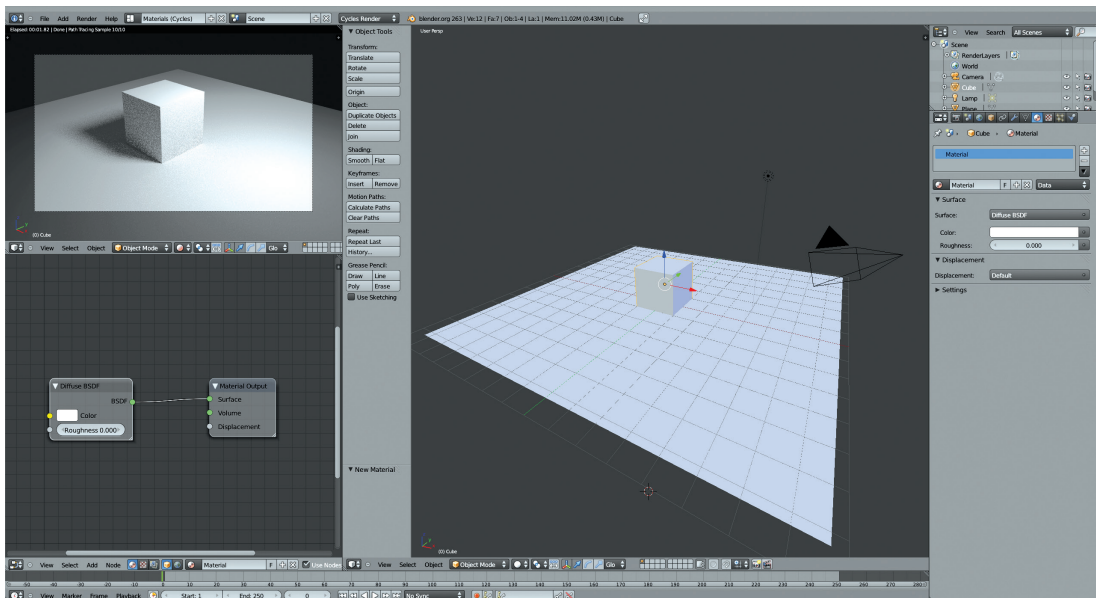


图 12.26 我的屏幕布局，适合用来编辑 Cycles 材质

### 12.7.1 编辑节点材质

要想编辑 Cycles 材质，可使用 Blender 的节点编辑器 (Node Editor)，让该窗口与 3D 视窗 (3D Viewport) 和渲染预览窗口同时可见 (关于实时的渲染预览特性与 Blender 内置渲染器相比的主要优势，稍后我会讲到)，为了显示节点编辑器窗口和渲染预览窗口，我在 3D 视窗的底边上点击鼠标右键并选择分割区域 (Split Area)，这样就对默认的界面布局执行了一次分割。然后，我用类似的方法将屏幕左侧的区域一分为二。

分割出了想要的工作区后，我将其中的一个区域转为节点编辑器 (Node Editor)，将另一个转为 3D 视窗，并将后者的显示方式设为渲染 (Rendered)。在节点编辑器的标题栏中，我在左侧那组图标中点选材质图标，在右侧那组图标中点选立方体图标 (图 12.27)，便可以让节点编辑器显示当前材质的节点树了。这样就设置好了适合进行 Cycles 材质编辑的窗口布局。

#### ■ Cycles 渲染预览

当将 3D 视窗的显示方式设为渲染 (Rendered) 时，Blender 将持续渲染并更新 Cycles 渲染器对当前视窗内容的渲染结果 (图 12.26)。这种技术能够非常方便地实时获得场景材质与灯光的渲染结果反馈。

## ■ 添加纹理

接下来, 我开始将多个新的着色器合并到当前材质中。首先, 我按 Shift-A, 依次点选着色器 (Shader) ▶ 光泽 BSDF (Glossy BSDF), 添加一个光泽 BSDF 着色器。并使用相加着色器 (Add Shader) 节点将光泽着色器与漫射着色器混合到一起, 方法是将两个着色器的输出槽从各自的着色器节点上连接到相加着色器的节点上, 然后将相加着色器的节点输出槽连到材质输出 (Material Output) 节点 (图 12.27)。

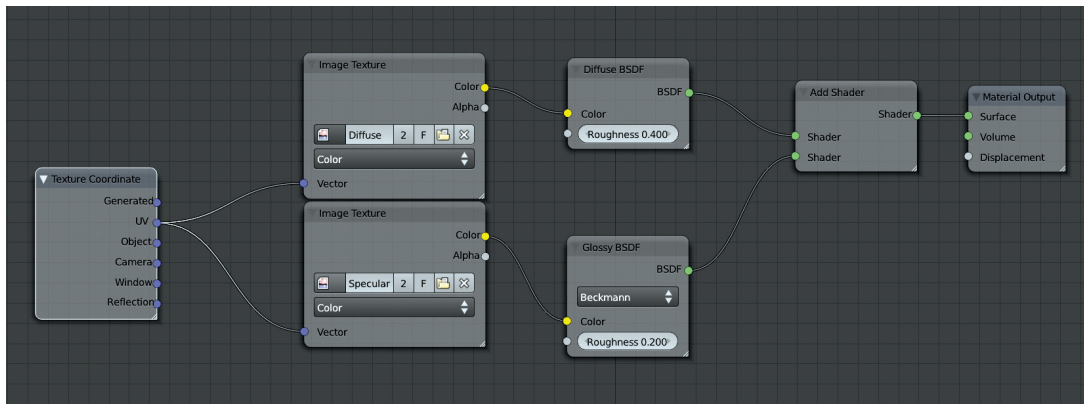


图 12.27 机械蜘蛛的材质节点设置

然后, 我开始导入纹理图。首先是漫射贴图。我按 Shift-A, 依次点击纹理 (Texture) ▶ 图像纹理 (Image Texture), 点击该节点上的文件夹图标, 打开我的漫射贴图。我将该节点的颜色 (Color) 输出槽连接到漫射着色器 (Diffuse Shader) 节点的颜色输入槽。

我对高光贴图也执行了同样的操作, 将该贴图的颜色 (Color) 输出槽连接到光泽 BSDF (Glossy BSDF) 节点的颜色 (Color) 输入槽。默认情况下, 这些材质的映射使用的是当前使用的 UV 坐标集, 因此你不必进行手动定义。但为了便于获知当前所使用的具体的贴图坐标, 我添加一个纹理坐标 (Texture Coordinate) 并把它的 UV 输出项连接到图像纹理 (Image Texture) 节点的矢量 (Vector, 即蓝色连接点) 输入槽。这样就可以指定让这些节点使用当前的活动 UV 贴图作为其纹理坐标了。目前的节点设置如图 12.27 所示。

### 12.7.2 节点槽类型

现在我已经完成了一个更复杂的节点材质设置, 让我们来了解一下各种类型的节点槽吧。节点槽是指位于节点左右两侧的彩色小圆点, 用来表示一个节点的输入和输出接口, 以便能够通过点击及拖拽的方式从一个节点的输出接口引出一条连接到另一节点的输入接口上的连接线。如图 12.27 所示, 我们所使用的节点连接槽的颜色都是同色对应的。换句话说就是, 绿对绿, 黄对黄, 以此类推。之所以要让同色槽相连, 是因为不同颜色的输出槽会传递不同类型的数据, 而且不同类型的输入槽所接受的数据类型也不尽相同, 其中有些只是单一的数值, 而另



一些则可能需要引入矢量信息，如贴图的坐标或法线等。

节点槽使用颜色来区分类型，方便分辨节点所需的输入数据类型，以及它会输出何种数据。

- 蓝色插槽代表矢量数据。它们可以承载多类型值，如 UV 坐标（二维信息）或位置数据（三维信息）等。

- 绿色插槽用于着色器。它们包含所有决定了材质与灯光间的作用方式的信息。

- 灰色插槽代表数值数据。它们包含单一的数值。

- 黄色插槽代表颜色数据。它们包含 RGBA 颜色值（红、绿、蓝和 Alpha）。

某些类型的节点槽可以混连。例如，数值（Value）型节点槽可以用作颜色（Color）插槽的输入项，此时，Blender 将该数值数据视作一张黑白图像。颜色（Color）插槽也可以连接到数值（Value）插槽上，此时，Blender 将使用该颜色的总体亮度值作为输入值。尽管如此，着色器（Shader）插槽则相对复杂一些，并且只能与其他的着色器插槽相连。

### ■ 糙度贴图

在第 11 章中，我为机械蜘蛛制作了一张糙度贴图。在 Cycles 渲染器中，我可以将该贴图连接到光泽 BSDF（Glossy BSDF）节点的糙度（Roughness）输入槽上，以此控制材质反射效果的模糊度或锐利度。深色区域可使反射锐利度增加，而浅色区域则会带来模糊感。（请记住，这与硬度贴图的作用效果刚好相反）

为了做出这种效果，我新建了一个图像纹理（Image Texture）节点并载入我的糙度贴图，把它的输出槽连接到光泽 BSDF 着色器节点的输入槽。最终结果是，贴图中的亮色区域会产生模糊的高光，而暗色区域的高光则较为锐利，光泽感强。

此外，我在该图像纹理节点的下拉菜单中将色彩空间（Color Space）设为非色彩数据（Non-Color Data），以表示该节点将不作为一张彩色图像使用，确保 Blender 不会在该节点上产生任何的亮度（Gamma）校正效果。

### ■ 调节输入数据

为了在不借助 GIMP 的前提下充分利用贴图自身的信息，我使用 Blender 的节点进行了调节。例如，为了略微降低漫射颜色的亮度并让光泽着色器的反射效果更锐利些，我添加了一个颜色混合（Mix）节点，并将它的第二个输入颜色设为黑色。

当将这个颜色混合（Mix）节点拖拽到一个图像纹理（Image Texture）节点和一个着色器（Shader）节点之间的连线上时，Blender 将会自动把它添加到这条连线上（此时的连线会以高亮显示，当你放手时，新的节点将被插入到连线中）。我将该节点添加到了漫射贴图节点和漫射 BSDF 节点之间，目的是要将纹理的颜色加深。

对于光泽 BSDF（Glossy BSDF）着色器，为了提升反射效果的锐利度，我需要降低糙度着色器的输入值。于是我在糙度图像纹理节点和光泽着色器的输入点之间添加了一个运算（Math）节点。我将该节点的输入属性设为相乘（Multiply），并将该节点的第二个值设为 0.5。这样便可以在将糙度图像传递给光泽着色器节点之前将其值减半，从而让着色器的总体输入糙度值减半，做出更锐利且更具光泽感的反射效果。

对于网格的亮绿色区域，我添加了一些多样化的颜色，颜色会随摄像机与表面的角度而变化。具体做法是，按 Shift-A，在输入（Input）节点类中选择几何数据（Geometry）节点，把它添加到节点编辑器中，该节点包含了表面法线信息的输入数据；另外，再添加一个法线（Normal）节点，并与视角方向数据进行点积运算，然后用这个点积运算的输出结果配合色相 / 饱和度 / 明度（Hue / Saturation / Value）节点对高光贴图进行调节。通过使用由法线（Normal）节点输出的点积运算结果，我得到了一个随材质表面法线方向而变化的数值（而不是矢量）。当使用该数值影响色相 / 饱和度 / 明度节点的色相输入接口时，材质的颜色会产生略微的变化，因为物体本身既不是平的，也没有正对着摄像机，因此材质的表面会逐渐偏离摄像机的视角方向。上述节点链的设置方式如图 12.28 所示。尽管这样的设置稍显复杂，但细心体会这些节点的连接方式，并亲自测试预览效果，这样会有助于你更好地理解它。

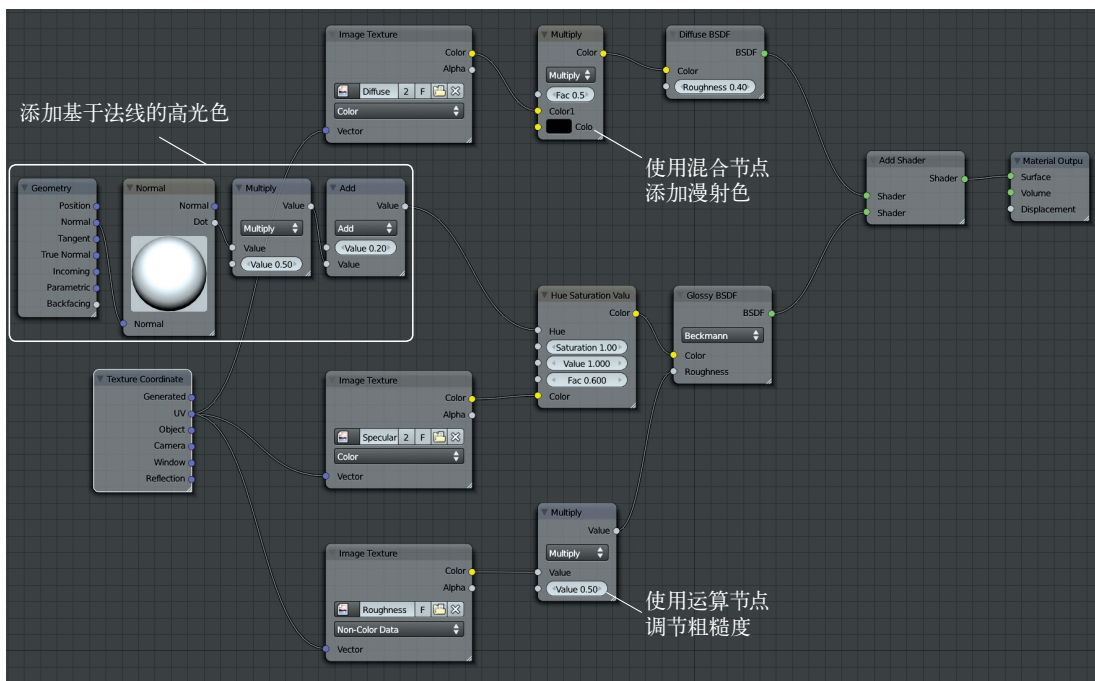


图 12.28 机械蜘蛛的材质节点设置，通过引入一些节点来调节纹理图的效果

### 12.7.3 其他材质

此外，我还需要为机械蜘蛛制作一些其他材质：用于眼球的光泽材质，使用一个简单的光泽着色器，并将颜色设为深灰，将糙度值设为 0.05；用于线缆的材质，使用一个混合着色器节点将一个光泽着色器与一个漫射着色器进行混合。这些材质的效果如图 12.29 所示，机械蜘蛛材质的最终效果如图 12.30 所示。

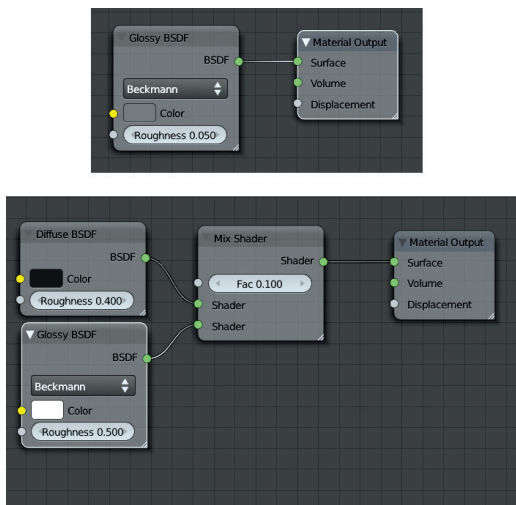


图 12.29 机械蜘蛛的其他材质设置。顶图：眼球材质，使用了一个简单的光泽材质；底图：线缆材质，由一个漫射 BSDF 着色器与一个设置了糙度值的光泽 BSDF 着色器混合而成



图 12.30 机械蜘蛛材质的最终效果。关于光照及渲染设置详见第 13 章和第 14 章

## 12.8 丛林神庙的材质设置

对于丛林神庙，我也选用 Cycles 渲染器来渲染该项目的场景。该场景需要用到多种材质：用于植物的树叶材质、用于岩石和土壤的常规材质，以及其他一些分别用于各种物体的专用材质，如前景的石块及雕像等。

### 12.8.1 地面

地面材质算是最容易制作的了，只需将一个漫射 BSDF（Diffuse BSDF）和一个光泽 BSDF（Glossy BSDF）混合在一起，使用我的手绘贴图作为颜色输入数据。因为我认为原始的贴图会让材质稍显发亮，因此我使用了一个伽玛（Gamma）节点将这些贴图的颜色加深，而不会损失过多的对比度（图 12.31）。

### 12.8.2 石块

对于石块材质，我打算将在第 11 章中制作的两张不同的石块贴图结合使用，让每种贴图显示在不同的区域，从而为材质增加多变感。具体做法是，先用混合着色器（Mix Shader）节点创建一个基础着色器，将一个漫射 BSDF（Diffuse BSDF）着色器与一个光泽 BSDF（Glossy BSDF）着色器进行混合。我使用一个层权重（Layer Weight）节点，通过调节它的混合（Blend）值输出来控制混合量。层权重节点的混合值区间为 0-1，取决于网格的法线：朝向摄

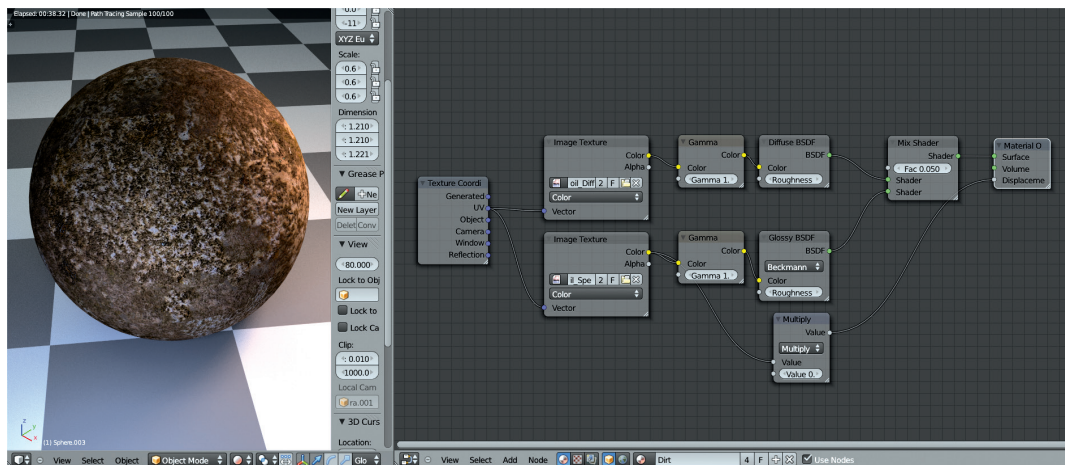


图 12.31 丛林神庙场景的土壤材质

像机的网格表面会获得较低的值，而偏离摄像机视角的表面会获得较高的值 [具体数值视所用的输出数据类型而定：面朝向 (Facing) 和菲涅尔 (Fresnel)]，当用该节点的面朝向 (Facing) 输出数据控制光泽与漫射着色器的混合量时，可在物体边界处做出光亮感，而直面观察时，大部分区域则呈漫射着色效果，如图 12.32 ①所示。

为了为不同的石块分配大块的贴图，我添加了两个沃罗诺伊纹理 (Voronoi Texture) 节点，并设置了不同的缩放比例 (Scale) 值，用它们控制不同岩石贴图的混合量，包括高光贴图和漫射贴图，如图 12.32 ②所示。我还使用了若干映射 (Mapping) 节点调节岩石纹理映射的缩放比例，并分别调整到与场景相称的比例，如图 12.32 ③所示。

## ■ 置 换

Cycles 渲染器目前支持使用黑白图作为输入数据 (或将一个 RGB 彩色输入图转换成单色图)，以此来模拟材质表面细小的凹凸效果。在其他渲染器中，这通常也称为凹凸映射 (Bump Mapping)。Cycles 目前尚不支持单纯的法线贴图 (Normal Map) 型输入数据 (本书译制时已支持——译者注)。

为了为岩石表面添加一点纹理效果，我使用高光色贴图 (由两个贴图混合而成) 作为材质输出 (Material Output) 节点置换 (Displacement) 槽的输入数据。我使用一个相乘 (Multiply) 节点将它们的值降低，从而将效果减弱，如图 12.32 ④所示。最终的岩石材质如图 12.33 所示。

## ■ 雕 像

雕像的材质基本上和岩石材质是通用的，只需创建岩石材质的副本即可。区别在于，它使用的是我为雕像专门绘制过的贴图。为了创建该材质，我将石头材质应用给雕像，然后在材质选择器下拉菜单旁点击“+”图标，以根据当前材质创建一个副本。接着，我将节点编辑器中的无关节点删除 (X)，取而代之的是我专为雕像准备的贴图 (图 12.34)。



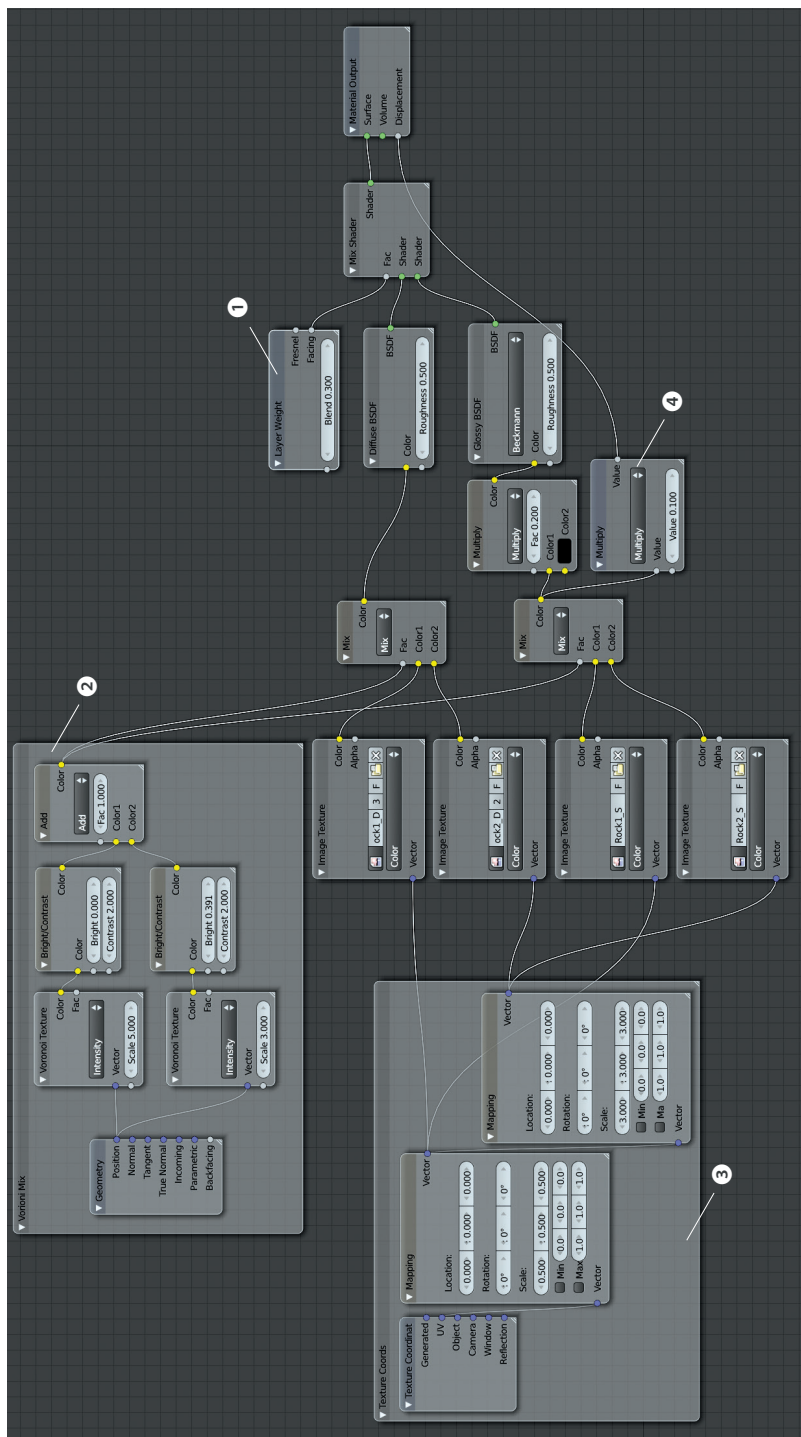


图 12.32 我的岩石材质节点设置稍显复杂。使用层权重 (Layer Weight) 节点①作为混合光泽与漫射着色器的混合系数。两个沃罗诺伊纹理 (Voronoi Texture) 节点②用来控制岩石贴图的混合量 (两个用于漫射色, 两个用于高光)。这些贴图使用若干映射 (Mapping) 节点调整缩放比例③, 而高光色贴图同样可用于置换④



图 12.33 岩石材质效果

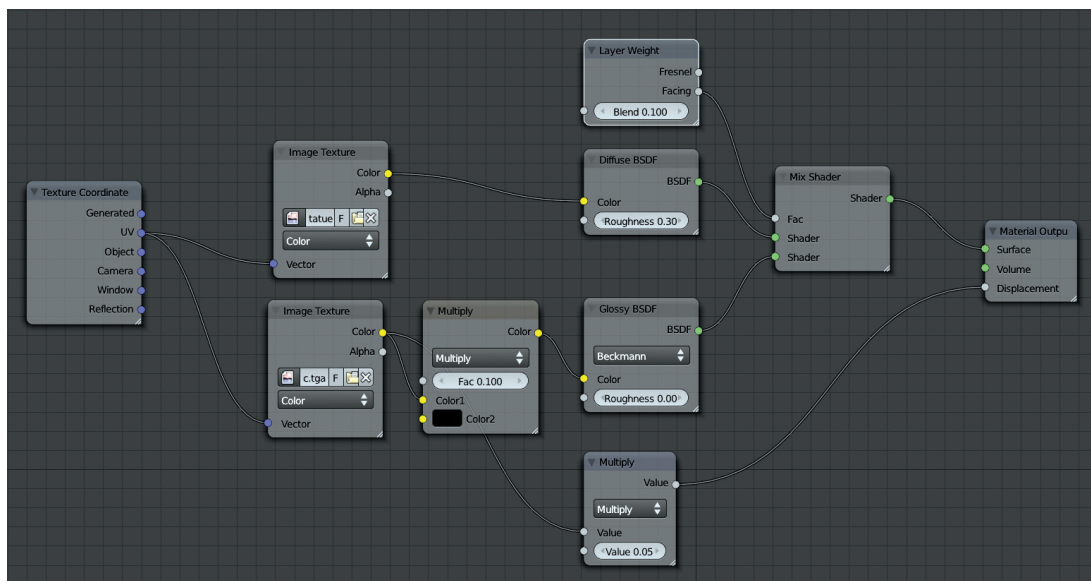


图 12.34 雕像材质与岩石材质十分相似，只是它使用的是自己专用的材质



### 12.8.3 树 叶

我希望为树叶做出一种半透明的材质效果，这样一来，当树叶的一侧受光时，从另一侧无光照的角度观察也是可以看到明亮感的。为了做出这种效果，我将一个半透 BSDF (Translucent BSDF) 着色器与一个漫射 BSDF (Diffuse BSDF) 着色器混合，并在上层混合一个光泽 BSDF (Glossy BSDF)，以便让树叶具有光泽感。树叶网格的材质需要引入透明属性，以便能够让网格上的非树叶区域不可见。我的做法是，将目前的节点混合结果与一个透明 BSDF (Transparent BSDF) 着色器混合，并使用第 11 章中做好的 Alpha 贴图来控制混合样式（图 12.35）。

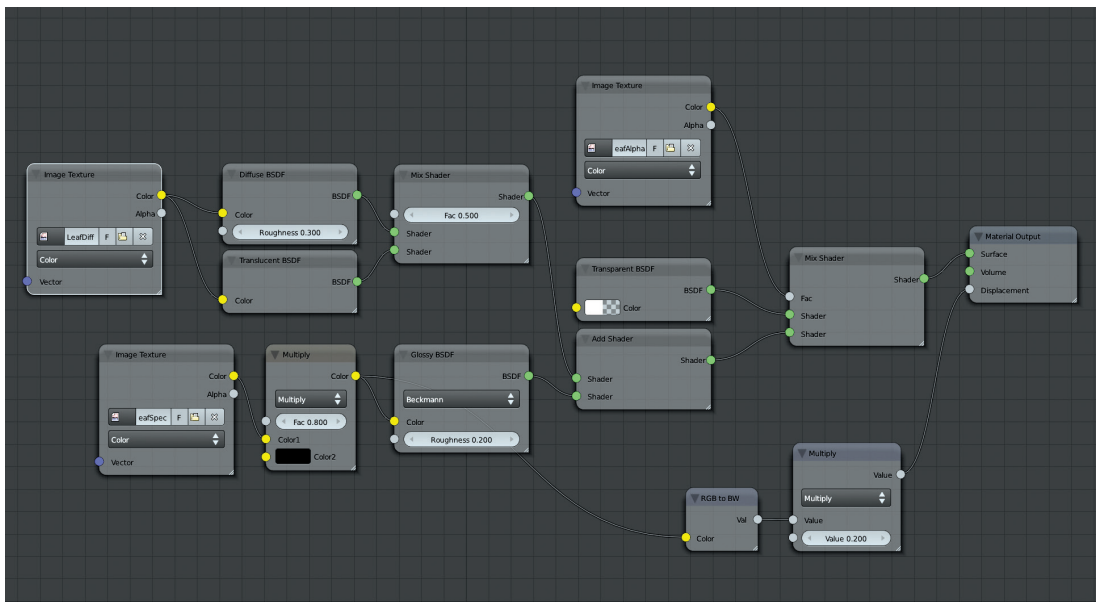


图 12.35 IvyGen 插件的树叶材质。对于其他共用同一材质贴图的叶片材质，其创建方法同上

### 12.8.4 前景的岩石与土壤

在第 11 章中，我创建了一张手绘贴图，用于从摄像机的透视视角投射给前景物体。为了使用该贴图，我需要为这些物体创建一个专用材质。首先，我根据之前为雕像制作的材质创建一个副本材质，并将其中的纹理图输入数据替换成我为前景物体所创建的那张纹理图。

为了能够将贴图正确映射到模型上，我将 3D 视窗 (3D Viewport) 对齐到摄像机视角（按数字键盘区的 0 键），并依次点击展开 (Unwrap) ▶ 视角投射 (Project from View) 操作项，分别为每个应用了该材质的前景物体执行 UV 展开操作。这样会将物体的 UV 坐标匹配到摄像机的视角，允许我将 UV 坐标直接用作贴图坐标。该材质的材质节点设置如图 12.36 所示。

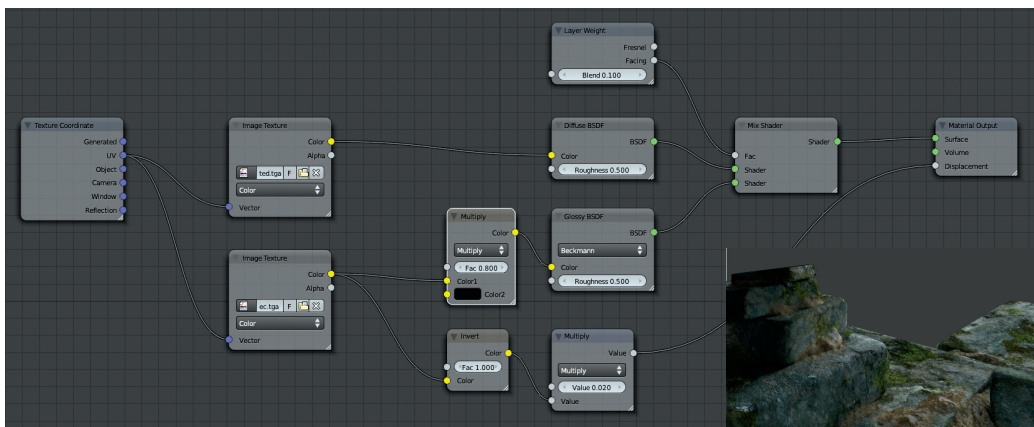


图 12.36 前景岩石和土壤的材质设置

### 12.8.5 水 坑

对于水坑，我需要一个水的材质，不仅能够让一部分光线射入，也可以将一部分光线反射。玻璃（Glass）材质即可满足此要求：将折射率（IOR）值设为 1.33，也就是水的折射率。不过，为了进一步控制入射光线与反射光线的量，我将透明 BSDF（Transparent BSDF）、玻璃 BSDF（Glass BSDF）及光泽 BSDF（Glossy BSDF）着色器混合到一起。我使用层权重（Layer Weight）节点作为混合着色器（Mix Shader）和光泽 BSDF 着色器的混合系数，从而在视角较低的地方添加一点额外的反射效果。

为了在水面上做出波纹效果，我按 Shift-A，依次点击纹理（Texture）► 波浪纹理（Wave Texture）创建一个波浪纹理（Wave Texture）节点，并把它连到材质输出（Material Output）节点的置换（Displacement）输入槽上，以此为水面添加些许变形感。默认情况下，波浪节点的效果是重复平铺的直线，但如果将波浪类型设为环带（Rings）并增加扭曲（Distortion）值，你可以做出一种很好的水面涟漪效果（图 12.37）。

## 12.9 制作材质的常用技巧

以下是在为项目制作材质时应当留意的一些常规技巧。总的来说，它们都需要你去细心观察现实世界中与之对应的那种材质，并相应地制作出各种所需的材质。

**保持适度的反射量** 确保物体所反射的总光量是适度的。当在 Cycles 渲染器中使用相加着色器（Add Shader）节点合成新的着色器时，有可能会使得最终的光线反射量比最初接受的实际光线量还要多，这是由于累加多个材质所致。无独有偶，在 Blender 内置渲染器中也要注意的，漫反射的光线量与高光反射的光线能量之和（再算上被物体吸收的光线）应约等于 1。举例来说，一个值为 0.6 的漫射强度，还有一个值为 0.3 的高光强度，再预留出少许光线吸收

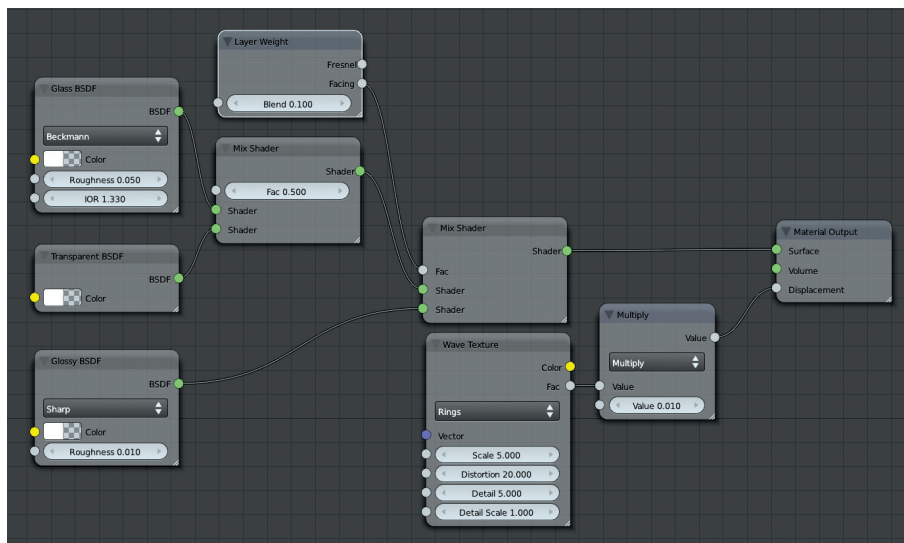


图 12.37 水的材质，由透明 BSDF、玻璃 BSDF 及光泽 BSDF 着色器混合而成，并使用一个波浪纹理做出一定的置换效果

量。否则，你的材质亮度与周围的其他材质相比会有种失真感。

**没有完美的材质** 能够百分百反射光线的材质是不存在的，同样，能够百分百吸收光线的材质也是不存在的。不要做出全黑或全白的材质（除非你确有特定的需要）。

**适度使用饱和度** 材质颜色的饱和度很少会达到百分之百，即使对于如塑料之类的亮色材质而言也是如此。日常生活中见到的大多数颜色，其饱和度均不超过 85%。因此，尽量将材质颜色的饱和度设置到合适的范围内，以便增加可信度。

**保持精简** 尽量避免制作过于复杂的材质，这样可以缩短渲染时间。例如，在使用 Blender 内置渲染器时，仅在确有需要时才考虑使用光线追踪型反射。

**使用程序型纹理为材质润色** Blender 的内建程序型纹理是为材质润色的理想方式，可将它们用作凹凸贴图或与其他纹理图混合使用。这样做既可以丰富材质的质感，又能够免去徒手绘制贴图的烦琐工序。

## 12.10 本章小结

在本章中，我们先介绍了 Blender 的材质设置选项，包括 Blender 内置渲染器和 Cycles 渲染器。因为这两种渲染器所用的材质创建方式不同，所以我们对它们的选项和需求分别进行了介绍。然后，我们介绍了如何为本书中的三个项目分别制作材质。对于蝙蝠人项目，我使用 Blender 内置渲染器进行渲染，对于身体、毛发、眼球、指甲和牙齿材质的渲染，它均可胜任。对于身体的材质，我创建了一种带次表面散射效果的材质，用来模拟逼真的皮肤质感。对于毛

发，我介绍了另一套针对毛发材质及渲染的设置选项。我使用 Blender 的线股（Strand）着色器渲染毛发，并演示了如何应用毛发纹理。

对于机械蜘蛛与丛林神庙这两个项目场景，我使用 Cycles 渲染器制作材质并进行渲染，使用 Blender 的节点编辑器（Node Editor），通过对多个着色器节点进行混合搭配并使用贴图作为其输入数据的方式做出多种不同的材质。

目前，这些项目均已布置了光照，并执行过渲染。在第 13 章中，你将学习各种不同的光照设置，包括在 Blender 内置渲染器及 Cycles 渲染器中使用光照的方法。